

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Hiromi YUASA, et al.

GAU:

SERIAL NO: NEW APPLICATION

EXAMINER:

FILED: HERewith

FOR: MAGNETORESISTANCE EFFECT ELEMENT, MAGNETIC HEAD AND MAGNETIC REPRODUCING SYSTEM

REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number, filed, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number, filed, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

COUNTRY

APPLICATION NUMBER

MONTH/DAY/YEAR

Japan

2000-301118

September 29, 2001

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
(B) Application Serial No.(s)
 - ☐ are submitted herewith
 - ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.


Marvin J. Spivak
Registration No. 24,913

C. Irvin McClelland
Registration Number 21,124



22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 10/98)

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

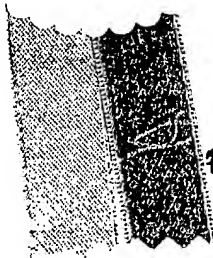
出 願 年 月 日
Date of Application: 2000年 9月29日

出 願 番 号
Application Number: 特願2000-301118

出 願 人
Applicant (s): 株式会社東芝

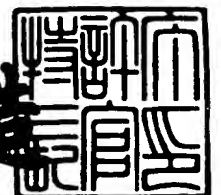
CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 4月13日



特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3031103

【書類名】 特許願

【整理番号】 12746701

【提出日】 平成12年 9月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/39
H01L 43/08

【発明の名称】 磁気抵抗効果素子、磁気ヘッド及び磁気再生装置

【請求項の数】 9

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 株式会社東芝 研究
開発センター内

【氏名】 湯 浅 裕 美

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 株式会社東芝 研究
開発センター内

【氏名】 上 口 裕 三

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 株式会社東芝 研究
開発センター内

【氏名】 永 田 友 彦

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 株式会社東芝 研究
開発センター内

【氏名】 與 田 博 明

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区堀川町 7 2 番地

【氏名又は名称】 株式会社 東 芝

【代理人】

【識別番号】 100064285

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐 藤 一 雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100088889

【弁理士】

【氏名又は名称】 橘 谷 英 俊

【選任した代理人】

【識別番号】 100082991

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐 藤 泰 和

【選任した代理人】

【識別番号】 100108062

【弁理士】

【氏名又は名称】 日 向 寺 雅 彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 004444

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気抵抗効果素子、磁気ヘッド及び磁気再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、
磁化の方向が外部磁界に応じて変化する磁化自由層と、
前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に形成された非磁性中間層と、
を備え、

前記磁化固着層の前記磁化の方向と前記磁化自由層の前記磁化の方向との相対
角度に応じて抵抗が変化する磁気抵抗効果素子であって、

前記非磁性中間層の膜面積は、前記磁化固着層及び前記磁化自由層の膜面積よ
りも小さく、

前記抵抗の変化を検出するためのセンス電流が、前記磁化固着層、前記非磁性
中間層及び前記磁化自由層の膜面に対して略垂直方向に通電されることを特徴と
する磁気抵抗効果素子。

【請求項 2】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁
界に応じて変化する磁化自由層と、を含んだ積層膜と、

前記積層膜の主面の一部に接続された電極と、
を備え、

前記磁化固着層の前記磁化の方向と前記磁化自由層の前記磁化の方向との相対
角度に応じて抵抗が変化する磁気抵抗効果素子であって、

前記抵抗の変化を検出するためのセンス電流が、前記電極を介して前記磁化固
着層及び前記磁化自由層の膜面に対して略垂直方向に通電され、

前記電極は、前記積層膜の前記主面から略垂直に延設された柱状電極部と、前
記柱状電極部上に形成され、前記柱状電極部から、前記積層膜の前記主面に対し
て略平行な方向に延設された第一導入部と、前記第一導入部上に形成され、前記
第一導入部から、前記主面に対して略平行な方向に延設された第二導入部とを有
することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 3】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁界に応じて変化する磁化自由層と、を含んだ積層膜と、

前記積層膜の主面の一部に接続された電極と、
を備え、

前記磁化固着層の前記磁化の方向と前記磁化自由層の前記磁化の方向との相対角度に応じて抵抗が変化する磁気抵抗効果素子であって、

前記抵抗の変化を検出するためのセンス電流が、前記電極を介して前記磁化固着層及び前記磁化自由層の膜面に対して略垂直方向に通電され、

前記電極は、前記積層膜の前記主面から略垂直に延設された柱状電極部と、前記積層膜の前記主面に対して略平行に延設された導入部と、を有し、

前記柱状電極部は、中心部分と外周部分の 2 層の導電層を有し、前記センス電流は前記中心部分と前記外周部分とにおいて互いに反対方向に流されることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁界に応じて変化する磁化自由層と、を含んだ積層膜と、

前記積層膜の主面の一部に接続された電極と、
を備え、

前記磁化固着層の前記磁化の方向と前記磁化自由層の前記磁化の方向との相対角度に応じて抵抗が変化する磁気抵抗効果素子であって、

前記抵抗の変化を検出するためのセンス電流が、前記電極を介して前記磁化固着層及び前記磁化自由層の膜面に対して略垂直方向に通電され、

前記電極は、前記積層膜の前記主面から略垂直に延設された柱状電極部と、前記積層膜の前記主面に対して略平行に延設された導入部と、を有し、

前記柱状電極部の周囲に磁気シールドが設けられてなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 5】

第 1 の方向に沿って並列配置された一対のヨークと、

前記一对のヨークと磁氣的に結合された磁気抵抗効果素子と、

を備え、

前記一对のヨークのそれぞれは、前記第 1 の方向に対して略垂直な第 2 の方向に配列された磁化を有し、

前記磁気抵抗効果素子は、

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁界に応じて変化する磁化自由層と、を含んだ積層膜と、

前記積層膜の主面の一部に接続された電極と、

を含み、

前記磁化固着層の前記磁化の方向と前記磁化自由層の前記磁化の方向との相対角度に応じて抵抗が変化する磁気抵抗効果素子であって、

前記抵抗の変化を検出するためのセンス電流が、前記電極を介して前記磁化固着層及び前記磁化自由層の膜面に対して略垂直方向に通電され、

前記主面と前記電極との接続部の形状は、前記第 1 の方向に対して垂直方向に伸びる軸を中心にして非対称であることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 6】

第 1 の方向に沿って並列配置された一对のヨークと、

前記一对のヨークと磁氣的に結合された磁気抵抗効果素子と、

を備え、

前記一对のヨークのそれぞれは、前記第 1 の方向に対して略垂直な第 2 の方向に配列された磁化を有し、

前記磁気抵抗効果素子は、

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層を含んだ第 1 の積層膜と、

磁化の方向が外部磁界に応じて変化する磁化自由層を含んだ第 2 の積層膜と

前記第 1 の積層膜と前記第 2 の積層膜との間に設けられた非磁性中間層と、

を有し、

前記磁化固着層の前記磁化の方向と前記磁化自由層の前記磁化の方向との相

対角度に応じて抵抗が変化する磁気抵抗効果素子であって、

前記第 1 の積層膜の主面と前記非磁性中間層との接触部の面積は、前記第 1 の積層膜の前記主面の面積よりも小さく、

前記第 2 の積層膜の主面と前記非磁性中間層との接触部の面積は、前記第 2 の積層膜の前記主面の面積よりも小さく、

前記抵抗の変化を検出するためのセンス電流が、前記磁化固着層、前記非磁性中間層及び前記磁化自由層の膜面に対して略垂直方向に通電され、

前記非磁性中間層と前記第 1 の積層膜の主面との接続部の形状は、前記第 1 の方向に対して垂直方向に伸びる軸を中心にして非対称であり、

前記非磁性中間層と前記第 2 の積層膜の主面との接続部の形状は、前記第 1 の方向に対して垂直方向に伸びる軸を中心にして非対称であることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 7】

第 1 の方向に沿って並列配置された一対のヨークと、

前記一対のヨークの上に設けられ前記一対のヨークと磁氣的に結合された磁気抵抗効果素子と、

を備え、

前記一対のヨークのそれぞれは、前記第 1 の方向に対して略垂直な第 2 の方向に配列された磁化を有し、

前記磁気抵抗効果素子は、

磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁界に応じて変化する磁化自由層と、を含んだ積層膜と、

前記積層膜の上側の主面の一部に接続された上部電極と、

前記積層膜の下側の主面に接続された下部電極と、

を含み、

前記磁化固着層の前記磁化の方向と前記磁化自由層の前記磁化の方向との相対角度に応じて抵抗が変化する磁気抵抗効果素子であって、

前記抵抗の変化を検出するためのセンス電流が、前記電極を介して前記磁化固着層及び前記磁化自由層の膜面に対して略垂直方向に通電され、

前記上部電極は、前記積層膜の前記主面から略垂直に延設された柱状電極部と、前記積層膜の前記主面に対して略平行に延設された導入部と、を有し、

前記下部電極は、前記第 1 の方向に沿って延在し、

前記上部電極の前記導入部は、そこを流れる前記センス電流が前記下部電極を流れるセンス電流と反平行になるように設けられてなることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 8】

請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 つに記載の磁気抵抗効果素子を備えたことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 9】

請求項 5 ～ 8 のいずれか 1 つに記載の磁気ヘッドを備え、磁気記録媒体に格納された磁気的情報を読み取り可能としたことを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気抵抗効果素子、磁気ヘッド及び磁気再生装置に関し、より詳細には、外部磁場を検知するためのセンス電流を素子膜面に対して垂直な方向に流す磁気抵抗効果素子、及びそれを用いた磁気ヘッド、磁気再生装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来、磁気記録媒体に記録された磁気的情報の読み出しは、コイルを有する再生用の磁気ヘッドを記録媒体に対して相対的に移動させ、そのときに発生する電磁誘導によりコイルに誘起される電圧を検出する方法によって行われてきた。これに対して、磁気抵抗効果素子（以下、「MR 素子」と称する）が開発され、磁場センサに用いられる他、ハードディスクドライブ（Hard Disk Drive）等の磁気再生装置に用いられる磁気ヘッド（以下 MR ヘッド）に搭載されつつある。

【 0 0 0 3 】

近年、磁気記録媒体の小型化・大容量化が進められ、磁気的情報の読み出し時の再生用磁気ヘッドと磁気記録媒体との相対速度が小さくなってきている。この

ため、小さい相対速度であっても大きな出力が取り出せるMRヘッドが要求されつつある。

【0004】

このような要求に対して、Fe/CrやFe/Cuのように強磁性金属膜と非磁性金属膜とをある条件で交互に積層して、近接する強磁性金属膜間を反強磁性結合させた多層膜、いわゆる「人工格子膜」が巨大な磁気抵抗効果を示すことが報告されている(Phys. Rev. Lett. 61 2474 (1988), Phys. Rev. Lett. 64 2304 (1990)等参照)。しかし、人工格子膜は、磁化が飽和するために必要な磁場が高いため、MRヘッド用の膜材料には適さない。

【0005】

これに対して、強磁性層/非磁性層/強磁性層のサンドイッチ構造の多層膜で、強磁性層が反強磁性結合しない場合でも、大きな磁気抵抗効果を実現した例が報告されている。すなわち、非磁性層を挟んだ2層の強磁性層の一方に交換バイアス磁場を印加して磁化を固定しておき、他方の強磁性層を外部磁場(信号磁場等)により磁化反転させる。これにより、非磁性層を挟んで配置された2つの強磁性層の磁化方向の相対的な角度を変化させることによって、大きな磁気抵抗効果が得られる。このようなタイプの多層膜は、「スピバルブ」と呼ばれている。(Phys. Rev. B 45 806 (1992), J. Appl. Phys. 69 4774 (1991)等参照)。スピバルブは、低磁場で磁化を飽和させることができるため、MRヘッドに適しているが、既に実用化されている素子の磁気抵抗変化率は最大でも約20%程度に過ぎず、磁気抵抗変化率の向上が必要とされている。

【0006】

ところで、これまでのMR素子は、センス電流を素子膜面の面内方向に流すタイプのものが多かった。これを、「CIP (Current in plane)」と称する。これに対して、センス電流を素子膜面に対して垂直方向に流すMR素子がある。これは、「CPP (Current perpendicular to plane)」と称する。CPPは、CIPの10倍程度の磁気抵抗変化率が得られるとの報告があり(J. Phys. Condens. Matter. 11 5717 (1999)等)、変化率100%も不可能ではない。

【0007】

しかし、素子の膜面に対して垂直方向にセンス電流を流すと、電気抵抗が非常に小さくなって、出力が小さくなるという問題がある。そこで、素子面積自体を小さくして抵抗値を上げ、出力を増やす試みがなされている (Phys. Rev. Lett. 70 3343 (1993)等)。ところが、素子面積自体を小さくする方法では、素子の単磁区化をするために限界が生じてしまう

また、センス電流を素子膜面に対して垂直方向に流すと、環状の電流磁場が素子の膜面内に発生する。この環状磁場は、信号磁場に対して磁化が回転する磁化フリー層の単磁区化を妨げる原因となる。

【 0 0 0 8 】

一方、従来のMRヘッドは、MR素子をシールドで挟持した「シールド型」の構成のものが多かった。シールド型の場合、磁気記録媒体からの浮遊磁場を、スピナルブで直接検出する。ところが、最近、更に高記録密度化が進み、磁気記録媒体からの磁束を、一旦磁束ガイド（ヨーク）を通して、効率的にスピナルブの磁化自由層に取り込む「ヨーク型」のヘッドが提案されている。

【 0 0 0 9 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、本発明者の検討の結果、ヨーク型に代表される多くの磁気ヘッドにおいては、MR素子のうちの磁気検出が行われる能動領域を種々の理由から規定する必要があることが判明した。

【 0 0 1 0 】

以下、この事情について、ヨーク型ヘッドのうちの「プラナー型」を例に挙げて説明する。

【 0 0 1 1 】

図 3 1 は、プラナー型ヘッドの要部構成を表す斜視概念図である。すなわち、プラナー型ヘッドは、一对の平板状のヨーク 2 0、2 0 を、記録媒体 2 0 0 の媒体面に対してそれぞれ平行に配置した構成を有する。MR素子 1 0 0 は、ヨーク 2 0、2 0 に対して磁氣的に結合するように設けられている。

【 0 0 1 2 】

記録媒体 2 0 0 には、記録トラック 2 0 0 T に沿って記録ビット 2 0 0 B が設

けられている。それぞれの、記録ビット200Bからの信号磁束は、ヨーク20、MR素子100、ヨーク20により形成される磁気回路に供給され、検出される。このようなプラナー型の構成によると、MR素子100までの磁路長が短くなるため、磁束をスピンプルに効率的に導くことができる。(IEEE Trans. Mag. 25, 3689 (1989)等参照)

ところが、プラナー型ヘッドのヨーク20の幅20Wは、近年加速的に狭まっている記録媒体の記録トラック200Tの幅200Wよりも広い。このため、実際に磁束を読み取るMR素子100の能動領域を制限する必要が生ずる。

【0013】

また、プラナー型ヘッドでは、記録媒体200からの信号磁束が非対称になることなく効率的にヨーク20に入って、そこから更にMR素子100の磁化自由層に入るように、ヨークの透磁率が一様でかつ大きいことが望まれる。このために媒体のトラック200Tの方向に対して直交するような位置関係に一对の硬磁性体30、30を配置して、ヨーク20と磁化自由層の磁化がトラック方向と直角に向くようにすると、透磁率が高く、均一にできる。

【0014】

ところが、高MRを実現するためのCPP型のMR素子を用いる場合、センス電流をMR素子に対して垂直に流すための電極部分(柱状電極)が必要となる。この電極部分からの環状の電流磁場が、一对の硬磁性体30、30による磁化固着力を上回ると、ヨーク20やMR素子100の磁化自由層の磁化分布が変動し、透磁率も一様でなくなってしまう。

【0015】

更に、CPP型のMR素子を用いる場合、図示しない上部電極と下部電極にMR素子100が挟まれる形となる。したがって、これら電極のうちで、MR素子100に対して平行な部分からの電流磁場も、ヨーク20やMR素子100の磁化自由層の磁化分布に対して影響を与えることが判明した。

【0016】

以上説明した問題点及び課題は、プラナー型のヘッドに限らず、殆どのヨーク型ヘッドあるいは、その他の構造のヘッドにおいて共通のものである。例えば、

「シールド型」のヘッドにおいても、同様の課題が存在する。

【0017】

本発明は、かかる課題の認識に基づいてなされたものであり、その目的は、C P P型のMR素子において能動領域を的確に規定し、さらに電極からの電流磁場の影響を、効果的に抑制し消失させるような構成を有する磁気抵抗効果素子、磁気ヘッド及び磁気再生装置を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の第1の磁気抵抗効果素子は、磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁界に応じて変化する磁化自由層と、前記磁化固着層と前記磁化自由層との間に形成された非磁性中間層と、を備え、前記磁化固着層の前記磁化の方向と前記磁化自由層の前記磁化の方向との相対角度に応じて抵抗が変化する磁気抵抗効果素子であって、前記非磁性中間層の膜面積は、前記磁化固着層及び前記磁化自由層の膜面積よりも小さく、前記抵抗の変化を検出するためのセンス電流が、前記磁化固着層、前記非磁性中間層及び前記磁化自由層の膜面に対して略垂直方向に通電されることを特徴とする。

【0019】

また、本発明の第2の磁気抵抗効果素子は、磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁界に応じて変化する磁化自由層と、を含んだ積層膜と、前記積層膜の主面の一部に接続された電極と、を備え、前記磁化固着層の前記磁化の方向と前記磁化自由層の前記磁化の方向との相対角度に応じて抵抗が変化する磁気抵抗効果素子であって、前記抵抗の変化を検出するためのセンス電流が、前記電極を介して前記磁化固着層及び前記磁化自由層の膜面に対して略垂直方向に通電され、前記電極は、前記積層膜の前記主面から略垂直に延設された柱状電極部と、前記柱状電極部上に形成され、前記柱状電極部から、前記積層膜の前記主面に対して略平行な方向に延設された第一導入部と、前記第一導入部上に形成され、前記第一導入部から、前記主面に対して略平行な方向に延設された第二導入部とを有することを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

また、本発明の第 3 の磁気抵抗効果素子は、磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁界に応じて変化する磁化自由層と、を含んだ積層膜と、前記積層膜の主面の一部に接続された電極と、を備え、前記磁化固着層の前記磁化の方向と前記磁化自由層の前記磁化の方向との相対角度に応じて抵抗が変化する磁気抵抗効果素子であって、前記抵抗の変化を検出するためのセンス電流が、前記電極を介して前記磁化固着層及び前記磁化自由層の膜面に対して略垂直方向に通電され、前記電極は、前記積層膜の前記主面から略垂直に延設された柱状電極部と、前記積層膜の前記主面に対して略平行に延設された導入部と、を有し、前記柱状電極部は、中心部分と外周部分の 2 層の導電層を有し、前記センス電流は前記中心部分と前記外周部分とにおいて互いに反対方向に流されることを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

また、本発明の第 4 の磁気抵抗効果素子は、磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁界に応じて変化する磁化自由層と、を含んだ積層膜と、前記積層膜の主面の一部に接続された電極と、を備え、前記磁化固着層の前記磁化の方向と前記磁化自由層の前記磁化の方向との相対角度に応じて抵抗が変化する磁気抵抗効果素子であって、前記抵抗の変化を検出するためのセンス電流が、前記電極を介して前記磁化固着層及び前記磁化自由層の膜面に対して略垂直方向に通電され、前記電極は、前記積層膜の前記主面から略垂直に延設された柱状電極部と、前記積層膜の前記主面に対して略平行に延設された導入部と、を有し、前記柱状電極部の周囲に磁気シールドが設けられてなることを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

一方、本発明の第 1 の磁気ヘッドは、第 1 の方向に沿って並列配置された一对のヨークと、前記一对のヨークと磁氣的に結合された磁気抵抗効果素子と、を備え、前記一对のヨークのそれぞれは、前記第 1 の方向に対して略垂直な第 2 の方向に配列された磁化を有し、前記磁気抵抗効果素子は、磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁界に応じて変化する磁化自

由層と、を含んだ積層膜と、前記積層膜の主面の一部に接続された電極と、を含み、前記磁化固着層の前記磁化の方向と前記磁化自由層の前記磁化の方向との相対角度に応じて抵抗が変化する磁気抵抗効果素子であって、前記抵抗の変化を検出するためのセンス電流が、前記電極を介して前記磁化固着層及び前記磁化自由層の膜面に対して略垂直方向に通電され、前記主面と前記電極との接続部の形状は、前記第 1 の方向に対して垂直方向に伸びる軸を中心にして非対称であることを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

また、本発明の第 2 の磁気ヘッドは、第 1 の方向に沿って並列配置された一对のヨークと、前記一对のヨークと磁氣的に結合された磁気抵抗効果素子と、を備え、前記一对のヨークのそれぞれは、前記第 1 の方向に対して略垂直な第 2 の方向に配列された磁化を有し、前記磁気抵抗効果素子は、磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層を含んだ第 1 の積層膜と、磁化の方向が外部磁界に応じて変化する磁化自由層を含んだ第 2 の積層膜と、前記第 1 の積層膜と前記第 2 の積層膜との間に設けられた非磁性中間層と、を有し、前記磁化固着層の前記磁化の方向と前記磁化自由層の前記磁化の方向との相対角度に応じて抵抗が変化する磁気抵抗効果素子であって、前記第 1 の積層膜の主面と前記非磁性中間層との接触部の面積は、前記第 1 の積層膜の前記主面の面積よりも小さく、前記第 2 の積層膜の主面と前記非磁性中間層との接触部の面積は、前記第 2 の積層膜の前記主面の面積よりも小さく、前記抵抗の変化を検出するためのセンス電流が、前記磁化固着層、前記非磁性中間層及び前記磁化自由層の膜面に対して略垂直方向に通電され、前記非磁性中間層と前記第 1 の積層膜の主面との接続部の形状は、前記第 1 の方向に対して垂直方向に伸びる軸を中心にして非対称であり、前記非磁性中間層と前記第 2 の積層膜の主面との接続部の形状は、前記第 1 の方向に対して垂直方向に伸びる軸を中心にして非対称であることを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

また、本発明の第 3 の磁気ヘッドは、第 1 の方向に沿って並列配置された一对のヨークと、前記一对のヨークの上に設けられ前記一对のヨークと磁氣的に結合された磁気抵抗効果素子と、を備え、前記一对のヨークのそれぞれは、前記第 1

の方向に対して略垂直な第2の方向に配列された磁化を有し、前記磁気抵抗効果素子は、磁化の方向が実質的に一方向に固着された磁化固着層と、磁化の方向が外部磁界に応じて変化する磁化自由層と、を含んだ積層膜と、前記積層膜の上側の主面の一部に接続された上部電極と、前記積層膜の下側の主面に接続された下部電極と、を含み、前記磁化固着層の前記磁化の方向と前記磁化自由層の前記磁化の方向との相対角度に応じて抵抗が変化する磁気抵抗効果素子であって、前記抵抗の変化を検出するためのセンス電流が、前記電極を介して前記磁化固着層及び前記磁化自由層の膜面に対して略垂直方向に通電され、前記上部電極は、前記積層膜の前記主面から略垂直に延設された柱状電極部と、前記積層膜の前記主面に対して略平行に延設された導入部と、を有し、前記下部電極は、前記第1の方向に沿って延在し、前記上部電極の前記導入部は、そこを流れる前記センス電流が前記下部電極を流れるセンス電流と反平行になるように設けられてなることを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

ここで、上記第1乃至第3の磁気ヘッドにおいて、前記一对のヨークのそれぞれに、前記第1の方向に対して略垂直な第2の方向に配列された磁化を付与する手段としては、磁場中においてこれらのヨークをアニールする方法や、硬磁性膜あるいは反強磁性膜によるバイアス膜によるバイアス磁界を印加する方法などを用いることができる。

【 0 0 2 6 】

さらに、本発明の第4の磁気ヘッドは、前述した第1乃至第4のいずれかの磁気抵抗効果素子を備えたことを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

一方、本発明の磁気再生装置は、上述のいずれか1つに記載の磁気ヘッドを備え、磁気記録媒体に格納された磁気的情報を読み取り可能としたことを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

または、本発明の磁気再生装置は、上述のいずれか1つに記載の磁気ヘッドを備え、磁気記録媒体に格納された磁気的情報を読み取り可能としたことを特徴と

する。

【 0 0 2 9 】

換言すると、本発明の磁気抵抗効果素子は、素子膜面に対して垂直通電であり、かつ外部磁場に対して磁化の回転する少なくとも1層の磁化フリー層と、磁化の固着された少なくとも1層の磁化ピン層とを備える磁気抵抗効果型素子に係り、電極のうち素子膜面と平行にセンス電流を流す部分と素子との間に柱状電極を有し、かつその柱状電極が素子と接触する部分の断面積が、素子のいかなる部分の面積よりも小さいことを特徴とする。

【 0 0 3 0 】

または、本発明の磁気抵抗効果素子は、素子膜面に対して垂直通電であり、かつ外部磁場に対して磁化の回転する少なくとも1層の磁化フリー層と、磁化の固着された少なくとも1層の磁化ピン層とを備える磁気抵抗効果型素子に係り、電極のうち素子膜面と平行にセンス電流を流す部分と素子との間に柱状電極を有し、かつその柱状電極が素子と接触する部分の断面が、信号磁場の進入方向から見ても進入方向と垂直方向から見ても、素子のいかなる部分よりも小さいことを特徴とする。

【 0 0 3 1 】

また、前記第2の磁気抵抗効果素子において、柱状部の断面積が、素子と接している面から平行に電流を流す部分の電極と接している面に向かって、概ね線形に増加することを特徴とする。

【 0 0 3 2 】

または、前記第2の磁気抵抗効果素子において、柱状部の断面積が、素子と接している面から、素子膜面に平行に電流を流す部分の電極と接している面に向かって単純増加し、その増加率が途中で変化することを特徴とする。

【 0 0 3 3 】

または、前記第2の磁気抵抗効果素子において、柱状部が、断面積変化率の小さい2つの部分に分けられることを特徴とする。

【 0 0 3 4 】

さらに、柱状部と磁気抵抗効果膜の接触面積を S_{MR} 、柱状部と導入部との接

触面積を S_{Lead} とした場合、 $S_{Lead}/S_{MR} > 2000$ であることを特徴とする。

【0035】

または、断面積変化率の小さい2つの部分のうち、平均断面積が小さい部分の高さが、30nm以下であることを特徴とする。

【0036】

また、下部電極および上部電極のうち柱状電極と接触する部分の電極面積が、柱状電極の断面積と同じとなるまで狭められていることを特徴とする。

【0037】

すなわち、CPP素子の場合に主に磁気抵抗効果を担う強磁性体／非磁性体界面のうちセンス電流が流れる部分の面積で、MR素子の能動領域を規定する。CPP型のMRの場合、MR素子の磁気特性を維持しながら電気抵抗を増加させるために、柱状電極断面積は素子サイズよりも小さく作成する必要がある。この際の柱状電極で、MR素子能動領域を規定することが可能である。

【0038】

また、柱状電極からの電流磁場を減少させるため、柱状電極の断面積を変化させ、素子と接する面の面積を小さくする。さらに、柱状電極を断面積のあまり変化しない2つの部分から構成し、素子に接している部分の断面積や高さを所定の範囲に規定する。柱状電極からの電流磁場を小さくして、1対の硬磁性体による磁化固着力より小さくすると、ヨークやMR素子磁化自由層の磁化はあまり回転しない。このため記録媒体からの磁束はほぼ対称に磁化自由層に入る。

【0039】

あるいは電流磁場が印加されないよう、柱状電極内でセンス電流を往復させ、センス電流による電流磁場を相殺する。あるいは、柱状電極の周囲に磁気シールドを設けて電流磁場が素子に印加されないようにする。柱状電極の中で電流を往復させれば、電極外への電流磁場は相殺される。また、シールドを設ければ、電流磁場は素子やヨークに印加されない。このため記録媒体からの磁束は対称に磁化自由層に入る。

【0040】

さらに、水平型ヨークヘッドの場合、除去しきれない電流磁場の影響により、ヨークの磁化が回転してしまうことがある。この場合、記録媒体のトラック長手方向に平行の方向から外れ、隣のトラックからの信号磁束を読んでしまう恐れがある。これを防ぐため、素子能動領域を規定する柱状電極あるいは柱状非磁性体を、真下のトラックからの信号だけを効率的に読み取るように、磁束の流れに沿うような断面形状とする。柱状電極からの電流磁場が無視できない場合、記録媒体からの磁束はある程度非対称にヨーク、MR素子磁化自由層に入る。これを見込んで柱状電極の断面を磁束の流れに沿うように非対称にすると、再生効率が向上する。

【 0 0 4 1 】

また、素子面に平行な電極部分での通電方向を、媒体のトラック方向と平行になるよう電極を配置する。このように配置すれば、この部分からの電流磁場が1対の硬磁性体によるヨークと磁化自由層の磁化固着方向と同一方向となり、媒体からの磁束が均一にヨーク、磁化自由層に入ることになる。また、上部電極と下部電極との電流方向を反平行とすると、ヨークへ印加される電流磁場が低減できる。素子平面に平行な部分の電極を媒体トラック方向と平行にすることで、トラックと直交する方向に電流磁場が発生する。この方向であれば、1対の硬磁性体による磁化固着方向と同一なので、ヨーク、磁化自由層への磁化分布への影響はない。

【 0 0 4 2 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について説明する。

（第1の実施の形態）

まず、本発明の第1の実施の形態として、MR素子に対する通電領域を制限する基本的な構成について説明する。

【 0 0 4 3 】

図1は、本実施形態にかかる磁気抵抗効果素子の要部構成を表す概念図である。すなわち、同図（a）は、その断面図であり、同図（b）は、その平面図である。図1における紙面右側は、外部磁場の進入面にあたる。たとえば、シールド

型ヘッドに搭載した場合には、外部磁場進入面が磁気記録媒体に対向配置され、プラナー型ヘッドに搭載した場合には、外部磁場進入面が磁気ヨークの片側に載ることになる。

【 0 0 4 4 】

本実施形態のMR素子10は、基板11の上に、順に、下部電極12、磁気抵抗効果膜13、柱状電極14、上部電極15を備える。これらの周囲は、図示しない絶縁体で埋められている。磁気抵抗効果膜13は、図示しない磁化固着層（ピン層）、非磁性中間層（スペーサ層）、磁化自由層（フリー層）などが積層された構成を有する。そして、本発明においては、柱状電極14の断面積が、磁気抵抗効果膜13を構成するいずれの層の断面積よりも小さいことを特徴とする。

【 0 0 4 5 】

センス電流は、上部電極15から柱状電極14、磁気抵抗効果膜13、下部電極12へと流すか、あるいはこの逆方向に流す。すなわち磁気抵抗効果膜13については、膜面に対して垂直方向に流れることになる。

【 0 0 4 6 】

磁気抵抗効果膜13は、基本的に金属から成っているが、センス電流は、磁気抵抗効果膜13のうちで、柱状電極14に接している領域にしか流れない。これを利用して、図1（b）に表したように、能動領域13Aを柱状電極14の断面形状によって規定することが可能となる。

【 0 0 4 7 】

（変形例1-1）

図2は、本実施形態の第1の変型例の磁気抵抗効果素子を表す概念図である。すなわち、同図（a）は、その断面図であり、同図（b）は、その平面図である。

【 0 0 4 8 】

図2に表したように、本変形例においては、基板11から順に下部電極12、柱状電極14、磁気抵抗効果膜13、上部電極15を備える。このような磁気抵抗効果素子においても、能動領域13Aを同様に規定することが可能である。

【 0 0 4 9 】

(変形例 1 - 2)

図 3 は、本実施形態の第 2 の変型例の磁気抵抗効果素子を表す概念図である。すなわち、同図 (a) は、その断面図であり、同図 (b) は、その平面図である。

【0050】

本変形例においては、基板 11 の上に、順に、下部電極 12、下部柱状電極 14 A、磁気抵抗効果膜 13、上部柱状電極 14 B、上部電極 15 を備える。

【0051】

図 4 は、磁気抵抗効果膜 13 における電流パスを表す概念図である。

【0052】

図 1 や図 2 に表した構成では、磁気抵抗効果膜 13 の中で、図 4 (a) に表したように、電流に膜面平行成分 I_p が生じ、完全な CPP 型の MR 素子にならなくなってしまう。

【0053】

これに比べ、図 3 のように変形すると、磁気抵抗効果膜 13 内での電流分布に膜面内方向の成分がなくなり、CPP 型の MR 素子の効果を抽出できる上に、より効果的に磁気抵抗効果膜の能動領域 13 A を規定することができるようになる。

【0054】

(変形例 1 - 3)

図 5 は、本実施形態の第 3 の変型例の磁気抵抗効果素子の断面構成を表す概念図である。すなわち、本変形例においては、少なくとも 1 層の磁化固着層 (ピン層) を有する積層膜 13 P と、少なくとも 1 層の磁化自由層 (フリー層) を有する積層膜 13 F とを持つスピバルブの非磁性中間層 13 S が、柱状にパターンニングされている。但し、同図において積層の順番の上下は問わない。なお、この磁気抵抗効果膜 13 の上下には、図示しない電極が接触している。

【0055】

磁気抵抗効果のうち、界面効果を担うのは、非磁性中間層 13 S と磁化固着層及び磁化自由層の界面である、図 5 のような素子では、これらの界面に対して電

流がほぼ垂直な方向に流れるので、C P P 型の G M R の効果を抽出できるという効果が得られる。

【 0 0 5 6 】

(第 2 の実施の形態)

次に、本発明の第 2 の実施の形態として、図 1 に表した構造をシールド型ヘッドに応用した具体例について説明する。

【 0 0 5 7 】

図 6 は、図 1 に例示した磁気抵抗効果素子搭載したシールド型ヘッドの要部を表す概念図である。すなわち、同図 (a) は、記録トラック長手方向に沿って切断した断面図、同図 (b) は、記録トラックの幅方向に沿って切断した断面図である。同図において、磁気記録媒体 2 0 0 は、矢印 A の方向に走行する。

【 0 0 5 8 】

本実施形態の磁気ヘッドにおいては、磁気抵抗効果膜 1 3 は、一対の磁気シールド 2 4、2 4 に挟持され、磁気記録媒体 2 0 0 に対して垂直に配置されている。そして、下部電極 1 2、柱状電極 1 4、上部電極 1 5 が図示の如く設けられ、能動領域 1 3 A が規定されている。

【 0 0 5 9 】

図 7 は、磁気抵抗効果膜 1 3 の磁化自由層 (フリー層) における磁化分布を表す概念図である。記録媒体 2 0 0 からの信号磁束は、磁気抵抗効果膜 1 3 の磁化自由層に進入して、磁化自由層の磁化を回転させる。通常、無磁場中では、図 7 (a) に表したように、磁化自由層の磁化 (矢印) は、進入磁束と直交するように、バイアス膜 3 0 からのバイアス磁場によって単磁区化されている。ここに、記録媒体からの磁束 F が進入すると、図 7 (b) に表したように磁化自由層の磁化 (矢印) は回転するが、記録媒体 2 0 0 から離れるほど回転角度は減衰する。つまり、記録媒体 2 0 0 に近い部分ほど、感度が高い。

【 0 0 6 0 】

従って、柱状電極 1 4 をできるだけ記録媒体 2 0 0 に近い箇所に配置すれば、磁化自由層のうちの感度の高い部分だけを能動領域 1 3 A とすることができ、高出力を実現できる。

【 0 0 6 1 】

なお、図 6 の構成においては、上部電極 1 5 と下部電極 1 2 がそれぞれを磁気シールドを兼ねるものとしてもよく、その場合には、構造が簡略化され、製造工程も短縮される。

【 0 0 6 2 】

また、図 6 において、磁気抵抗効果素子は、前述の変形例 1 - 1、変形例 1 - 2 あるいは変形例 1 - 3 であっても良い。

【 0 0 6 3 】

(第 3 の実施の形態)

次に、本発明の第 3 の実施の形態として、バイアス印加手段を有する水平型ヨークヘッドについて説明する。

【 0 0 6 4 】

図 8 は、図 1 に例示した磁気抵抗効果素子を水平型ヨークヘッドに搭載した構成を表す斜視図である。同図については、図 1 乃至図 7 及び図 3 1 に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して、詳細な説明は省略する。なお、同図においては、膜面に対して平行な部分の上部電極と下部電極は、省略した。

【 0 0 6 5 】

本実施形態においては、一对のヨーク 2 0、2 0 は、硬磁性材料のハード膜あるいは反強磁性膜からなるバイアス膜 3 0、3 0 に挟まれており、磁化が y 方向を向くように単磁区化されている。また、これと同様に、磁気抵抗効果膜 1 3 の磁化自由層の磁化も、y 方向に揃えられている。

【 0 0 6 6 】

図 9 は、本実施形態のヘッドにおける磁化方向を表す概念図である。

【 0 0 6 7 】

磁気記録媒体 2 0 0 からの磁束は、同図に表したように、主にトラック 2 0 0 T の上に位置する部分のヨーク 2 0 に進入し、磁化自由層の磁化もトラック 2 0 0 T の上の部分だけが大きく回転する。したがって、図 8 のように柱状電極 1 4 の断面積をトラック幅 2 0 0 W 内に収めて、感度の大きい部分だけを能動領域 1 3 A とすると、出力向上につなげることができる。

【 0 0 6 8 】

なお、本実施形態においても、もちろん、前述した変形例 1 - 1、変形例 1 - 2 あるいは変形例 1 - 3 を搭載しても、同様の効果が得られる。

【 0 0 6 9 】

(変形例 3 - 1)

次に、本実施形態の第 1 の変形例として、ヨークおよび磁化自由層にバイアス磁場を印加するための構成について説明する。

【 0 0 7 0 】

図 1 0 は、本変形例の磁気ヘッドの要部構成を表す斜視概念図である。同図についても、図 1 乃至図 9 及び図 3 1 に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して、詳細な説明は省略する。

【 0 0 7 1 】

本変形例においては、硬磁性膜あるいは反強磁性膜からなる一対のバイアス膜 3 0、3 0 が、ヨーク 2 0 および磁化自由層の上に配置されている。このような「パターンドバイアス構成」とすると、ヨーク 2 0 および磁化自由層に対して理想的なバイアス磁場を印加することができる。

【 0 0 7 2 】

(変形例 3 - 2)

次に、本実施形態の第 2 の変形例として、補助ヨークを設けた構成について説明する。

【 0 0 7 3 】

図 1 1 は、本変形例の磁気ヘッドの要部構成を表す斜視概念図である。同図についても、図 1 乃至図 1 0 及び図 3 1 に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して、詳細な説明は省略する。

【 0 0 7 4 】

本変形例は、図 8 に例示した水平型ヨークヘッドに対して、記録媒体の記録トラックの幅 2 0 0 W と同程度の寸法の補助ヨーク 2 2 を付加した例である。このようにすると、記録トラックからの信号磁束が、効率的にヨーク 2 0 ひいては磁気抵抗効果膜 1 3 の磁化自由層へと導かれる。その結果として、記録トラックの

上の部分の磁化のみが理想的に回転するようになるので、トラック幅内に柱状電極 1 4 を配置することによって、能動領域 1 3 A を規定することの効果がさらに顕著になる。

【 0 0 7 5 】

もちろん、図 1 0 に例示した構成に対して同様の補助ヨーク 2 2、2 2 を設けても、同じ効果が得られる。

【 0 0 7 6 】

(第 4 の実施の形態)

次に、本発明の第 4 の実施の形態として、柱状電極により生ずる環状磁界の効果を抑制するための具体的な構成について説明する。

【 0 0 7 7 】

図 1 2 (a) は、図 1 に例示したような磁気抵抗効果素子の要部を表す模式図である。ここでは、紙面手前と奥に硬磁性膜あるいは反強磁性膜からなるバイアス膜 3 0 が設けられ、これによるバイアス磁場で磁化自由層が単磁区化される。

【 0 0 7 8 】

ここで、柱状電極 1 4 の断面は円形であり、その高さは無限に長いものと仮定する。このような柱状電極 1 4 にセンス電流 I_s を矢印方向に流した場合、磁気抵抗効果膜 1 3 には、矢印 M で示したように環状の電流磁場が印加される。この電流磁場 M が無視できない程度の大きさになると、紙面横方向から進入する信号磁束 F に対して磁化自由層の透磁率が面内で一様でなくなってしまう。さらに電流磁場 M の大きさがバイアス磁場 B を越えると、磁化自由層の磁化は回転してしまう。

【 0 0 7 9 】

図 1 2 (b) は、センス電流 I_s を 5 mA 流したときの、柱状電極 1 4 の中心から距離 r 離れた位置での電流磁場 M の大きさを表したグラフ図である。なお、同図において、破線は柱状電極 1 4 の内部における磁場分布を表し、実線は柱状電極 1 4 の外部における磁場分布を表す。すなわち、電流磁場は、柱状電極 1 4 の内部においては中心から離れるに従って上昇して電極 1 4 の外壁においてピークを有し、それよりも外側に離れるに従って減衰する。

【0080】

局所的にかかる最大磁場は、柱状電極14の半径 r に大きく依存し、たとえば半径100nmでは最大磁場は250e、200nmでは12.50e、300nmでは8.30eと、半径 r が大きくなるほど最大電流磁場は小さくなる。このことから、柱状電極14は、可能なかぎり半径 r を大きくした方がよいと言える。

【0081】

図13(a)は、図1に例示したような磁気抵抗効果素子の要部を表す模式図である。ここでは、紙面手前と奥に硬磁性膜あるいは反強磁性膜からなるバイアス膜30が設けられ、これによるバイアス磁場で磁化自由層が単磁区化される。

【0082】

ここでは、柱状電極14が無限に細い線状電極であるものと仮定した。このような線状電極にセンス電流 I_s を矢印方向に流した場合、磁気抵抗効果膜13には矢印Mのような還流磁場が印加される。電流磁場Mが無視できない程度大きになると、紙面横方向から進入する信号磁束 F に対して磁化自由層の透磁率が面内で一様でなくなってしまう。さらに、電流磁場Mがバイアス磁場 B を越えると、磁化自由層の磁化は回転してしまう。

【0083】

図13(b)は、センス電流5mAを流した場合の、柱状電極14から距離 r 離れた位置での電流磁場Mの大きさを表すグラフ図である。電流磁場Mの大きさは、柱状電極14の高さ h に大きく依存する。例えば、 $r = 0.2\mu\text{m}$ の位置においては、高さ h が10nmのとき1.250e、高さ h が60nmのとき7.180e、高さ h が200nmのとき17.70eと、高さ h が増すにつれて電流磁場Mが増大する。これは、磁気抵抗効果膜13の位置における電流磁場Mの強度は、柱状電極14の長手方向に沿った積分により決定されるからである。このことから、柱状電極14の高さ h は、小さめにする必要があると言える。

【0084】

以上の結果を踏まえて柱状電極14を設計すると以下の如くとなる。

【0085】

まず、電流磁場Mを抑えるためには、柱状電極14を太くしなければならない。一方で、柱状電極14が磁気抵抗効果膜13と接する面での断面積は、能動領域13Aの絞込みという観点からも、CPP型GMR素子の高抵抗化という観点からも、小さいことが望ましい。

【0086】

また、柱状電極14が短いほど電流磁場Mを低減できる。しかし、磁気抵抗効果膜13、上部電極15及び下部電極12の間の電氣的な絶縁を確保する必要から、柱状電極14の高さhは、100nm程度以上は必要である。

【0087】

これらの条件を同時に満たすデザインとして、例えば、図1に例示した磁気抵抗効果素子の場合、柱状電極14のうちで上部電極15に近い部分は断面積を大きくし、磁気抵抗効果膜13に近い部分は断面積を小さくすればよい。

【0088】

図14は、この構成を例示する概念図である。断面積の大きい部分14Lは高さがあっても電流磁場が小さいことが図12からも分かる。従って、実質的には、磁気抵抗効果膜13に近い、断面積を絞った部分14Sからの電流磁場Mのみを考慮すればよい。もちろん、この柱状電極の形状は、変形例1-1及び変形例1-2の磁気抵抗効果素子にも適用可能である。また、この場合、水平方向の断面形状については、円形状でも良く、後に詳述するように、その他の各種の形状を有することができる。

【0089】

(変形例4-1)

図15は、柱状電極14の断面積が、上部電極15との接触面から磁気抵抗効果膜13との接触面まで線形に変化している構成を表す概念図である。このような柱状電極14は、テーパ付のレジストを用いれば、1回のリフトオフにて作成可能である。もちろん、この柱状電極14は、変形例1-1、変形例1-2の磁気抵抗効果素子にも適用可能である。

【0090】

(変形例4-2)

図 1 6 は、柱状電極 1 4 の断面積が概ね 2 段階に分かれている構成を例示する概念図である。このようにすると、柱状電極 1 4 が磁気抵抗効果膜 1 3 と接している面の面積 S_{MR} と、上部電極 1 5 と接している面の面積 $S_{UpperLead}$ との差を大きくすることができる。この差が大きいほど、柱状電極 1 4 のうちの断面積の大きい部分からの電流磁場 M を低減することができる。本発明者の検討によれば、 $S_{UpperLead}/S_{MR} > 2000$ とすることが望ましいことが判明した。

【 0 0 9 1 】

しかし、このように設計しても、図 1 3 (a) 及び (b) に関して前述したように、断面積の小さい部分が長ければ、電流磁場 M は大きくなってしまう。そこで、断面積の小さい部分の高さは 3 0 n m 以下、さらに望ましくは 1 5 n m 以下とすべきである。

【 0 0 9 2 】

(第 5 の実施の形態)

次に、本発明の第 5 の実施の形態として、柱状電極の電流磁場をキャンセルする構成について説明する。

【 0 0 9 3 】

図 1 7 は、本実施形態にかかる磁気抵抗効果素子の要部構成を例示する概念図である。すなわち、同図 (a) はその縦断面図であり、同図 (b) はその要部水平断面図である。

【 0 0 9 4 】

本実施形態は、図 1 に例示した構成において、柱状電極 1 4 を中心導電部 1 4 C と外周導電部 1 4 P に分け、センス電流 I_s を往復させて電流磁場 M を相殺することを特徴としている。中心導電部 1 4 C と外周導電部 1 4 P との間は、絶縁体 1 4 I により分離されている。

【 0 0 9 5 】

センス電流 I_s は、上部電極往路 1 5 A から中心導電部 1 4 C に流れ込み、磁気抵抗効果膜 1 3 を垂直に通電する。そして、下部電極往路 1 2 A から、磁気抵抗効果膜の上に位置する復路 1 2 B へと流れ、柱状電極の外周導電部 1 4 P を通

って上部電極復路 1 5 B へと至る。もちろん、この逆方向に流しても構わない。

【0 0 9 6】

このように柱状電極 1 4 においてセンス電流 I_s を往復させると、磁気抵抗効果膜 1 3 にかかる電流磁場 M が軽減され、理想的にはゼロにできる。

【0 0 9 7】

もちろん、図 2、図 3 に例示した変形例 1 - 1、1 - 2 についても同様に適用可能である。

【0 0 9 8】

(第 6 の実施の形態)

次に、本発明の第 6 の実施の形態として、柱状電極の電流磁場をシールドする構成について説明する。

【0 0 9 9】

図 1 8 は、本実施形態にかかる磁気抵抗効果素子の要部構成を例示する概念図である。すなわち、同図 (a) はその縦断面図であり、同図 (b) はその要部水平断面図である。

【0 1 0 0】

本実施形態においては、柱状電極 1 4 の周囲に絶縁体 1 4 I を介して磁気シールド 1 5 が設けられている。このような磁気シールド 1 5 を設けることにより、磁気抵抗効果膜 1 3 に印加される電流磁場 M が軽減され、理想的にはゼロとすることも可能となる。

【0 1 0 1】

(第 7 の実施の形態)

以上、第 4 乃至第 6 実施形態に関して、柱状電極からの環状の電流磁場 M の影響を軽減または抑制する素子設計を説明した。

【0 1 0 2】

本実施形態は、電流磁界 M に起因する、読み取り時の隣接トラックからのクロストークを回避するためのアプローチに関する。

【0 1 0 3】

図 1 9 は、C P P 型 G M R 素子を搭載した水平型ヨークヘッドの平面構成を表

す概念図である。

【0104】

同図 (a) は、電流磁場 M の影響が無視できる程度小さい場合の磁化分布 (矢印) を表している。硬磁性膜あるいは反強磁性膜からなるバイアス膜 30、30 が設けられ、これによるバイアス磁場 B によって磁気抵抗効果膜の磁化自由層 13F やヨーク 20 は単磁区化されている。このようにすると、磁化自由層 13F とヨーク 20 のどの部分でも、トラック長手方向 T に対する透磁率が最も高くなるので、磁化はトラック長手方向 T にのみ進入する。また、トラック上の透磁率が最も大きくなって、トラック上の磁化だけが、きれいに回転する。

【0105】

図 19 (b) は、環状電流 M が残留して、バイアス磁場 B と同程度の強さとなった場合の磁化分布を表す。この場合は、磁化自由層 13F やヨーク 20 の磁化 (矢印) は、図示したように回転してしまう。このとき、トラック 200T の上から外れた部分では、磁化 (矢印) がトラック 200T の幅方向から逸れるため、高透磁率となる向きが、場所によってはトラック長手方向ではなくなってしまう。このとき、隣接するサイドトラック 200ST からの信号磁束 F が、磁化に直行する方向で進入し、クロストークが発生してオフトラック特性が悪化する可能性がある。換言すると、電流磁場 M によって磁化自由層 13F やヨーク 20 の磁化分布が変化して透磁レンズが形成され、隣接トラックからの磁束も収束してしまう。

【0106】

このように収束された隣接トラックからの磁束の読み取りを防ぐためには、柱状電極 14 の断面形状を、図 19 (c) に例示したように台形とすれば良い。このようにすれば、サイドトラックからの磁束 F は、磁気抵抗効果膜の能動領域 13A に進入することがなくなり、オフトラック特性が改善される。

【0107】

ここで、バイアス磁場 B が $+y$ 方向、センス電流 I_s が $-z$ 方向のとき、台形の底辺のうち短い方が $+x$ 側、長い方が $-x$ 側という位置関係を保つ必要がある。

【 0 1 0 8 】

(変形例 7 - 1)

図 5 に例示した変形例 1 - 3 についても、柱状の中間非磁性膜 1 3 S の横断面形状を図 1 9 に例示したものと同様の台形とすることで、オフトラック特性の改善をすることができる。

【 0 1 0 9 】

(第 8 の実施の形態)

水平型ヨークヘッドに磁気抵抗効果膜を搭載した場合、磁気抵抗効果膜の磁化自由層とヨークとの距離を短くすると、信号磁束の流れが円滑になる。垂直通電の磁気抵抗効果膜を搭載する場合には、下部電極がこれらの間に入るので、磁化自由層とヨークとの間の距離が比較的長くなってしまふ。

【 0 1 1 0 】

これに対して、本実施形態は、磁化自由層とヨークとの距離を近接させるデザインに関する。

【 0 1 1 1 】

図 2 0 は、本実施形態の磁気ヘッドの要部構成を表す斜視概念図である。同図についても、図 1 乃至図 1 9 及び図 3 1 に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して、詳細な説明は省略する。

【 0 1 1 2 】

同図に表したように下部電極 1 2 をヨーク 2 0、2 0 のギャップ内に配置すれば、磁気抵抗効果膜 1 3 とヨーク 2 0 との距離を縮めることができる。ここで、図 2 0 には表していないが、ヨーク 2 0 および磁化自由層 1 3 F に y 方向にバイアス磁場を印加するための、硬磁性膜あるいは反強磁性膜からなる一対のバイアス膜は、紙面手前と奥に設けられる。

【 0 1 1 3 】

図 2 0 の構成においては、下部電極 1 2 からの電流磁場が磁気抵抗効果膜 1 3 やヨーク 2 0 に印加されてしまうという問題が生じる。例えば、センス電流 I_s を柱状電極 1 4 において - z 方向に流したとすると、+ x 方向の電流磁場 M が生じる。

【0114】

これに対して、上部電極15を図示したように下部電極12に対して平行に配置してセンス電流が往復するようにすれば、上部電極15と下部電極12からヨーク20へと印加される電流磁場Mは、ほぼ無視することができる。

【0115】

しかし、磁気抵抗効果膜13への電流磁場は、一層強くなってしまい、磁化分布は図21に表したように、特に素子中央部で磁化（矢印）が回転してx成分を持ってしまうことになる。バイアス膜30の磁化の方向Bに対して直行する方向が最も透磁率が高くなるので、磁気記録媒体からヨーク20へとトラック長手方向（x方向）で真っ直ぐ進入した磁束は、磁気抵抗効果膜磁化自由層のところで図示した矢印のように曲がってしまう。つまり、信号磁束Fに「スキュー」が生ずる。

【0116】

これを考慮して、柱状電極14の水平断面形状を図21に示したような平行四辺形とし、またトラックからの信号磁束Fが集中している箇所に設ければ、磁気抵抗効果膜の能動領域13Aを感度の高い場所に設定できるので、高出力が得られる。

【0117】

具体的には、バイアス磁場Bが+y方向、センス電流I_sが-z方向であるとき、柱状電極14の水平断面の平行四辺形の4つの頂点は、図22に示したように、Aを(0, 0)としたとき、B(a, -c)、C(a, b)、D(0, b+c)となるような形状とする。また磁気抵抗効果膜13の中心から、-y方向にずらして位置させる。

【0118】

(変形例8-1)

本実施形態の概念は、図5に例示したように中間非磁性層13Sが柱状に形成された磁気抵抗効果膜13についても、適用可能である。すなわち、柱状非磁性層13Sを、図21あるいは図22に示したような形状、位置に設ければ、高出力が得られる。

【0 1 1 9】

(変形例 8 - 2)

柱状電極 1 4 あるいは柱状中間非磁性層 1 3 S の水平断面形状を、第 7 実施形態と組み合わせて、平行四辺形と台形の特徴を併せ持つ形状とすると、より効果的である。

【0 1 2 0】

すなわち、バイアス磁場 B が $+y$ 方向、センス電流 I_s が $-z$ 方向であるとき、図 2 3 に示したように、 A を $(0, 0)$ としたときに、 $B(a, -c)$ 、 $C(a, b)$ 、 $D(0, d)$ で、 $d > b + c$ となるような位置関係とすればよい。

【0 1 2 1】

(第 9 の実施の形態)

前述した第 8 実施形態のようにヨークのギャップ内に下部電極を配置した場合には、上部電極を平行に配置して、柱状電極の水平断面形状を図 2 2 のような形状とすれば、柱状電極以外の部分からの電流磁場による磁化自由層磁化回転の効果を回避することができる。

【0 1 2 2】

これに対して、本実施形態においては、このような電流磁場による磁化回転を解消する構成を提供する。

【0 1 2 3】

図 2 4 は、本変形例の磁気ヘッドの要部構成を表す斜視概念図である。同図についても、図 1 乃至図 2 3 及び図 3 1 に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して、詳細な説明は省略する。

【0 1 2 4】

本実施形態においては、図 2 4 に例示したように、下部電極 1 2、上部電極 1 5 を記録トラック 2 0 0 T の長手方向に取り出し、センス電流 I_s を往復させる。このようにすれば、上部電極 1 5 と下部電極 1 2 による磁化自由層 1 3 F への電流磁場 M は、図示しない 1 対のバイアス膜によるバイアス磁場 B と同一方向とすることができる。具体的には、柱状電極 1 4 においてセンス電流を z 方向に通

電すれば、電流磁場 M の方向は $-y$ 方向となる。

【0125】

(変形例9-1)

ここで、実際には、センス電流 I_s は柱状電極14に集中するため、たとえば上部電極15内には、図25に表したような電流分布が形成される。この場合、下部電極12にはこれと逆方向の電流分布が形成される。すると、図25に表した、環状の電流磁場 M が磁気抵抗効果膜13に生じてしまう。

【0126】

これを回避するため、図26に例示したように上部電極15と下部電極12をそれぞれ柱状電極14の付近で狭める形状とすると、図27に表したように、電流分布が柱状電極14の付近で集中することはなくなる。例えば、柱状電極14において $-z$ 方向に通電したとすると、磁気抵抗効果膜13にかかる電流磁場は図27に示すように概ね $-y$ 方向に揃えることができる。

【0127】

(第10の実施の形態)

次に、本発明の第10の実施の形態として、本発明の磁気再生装置について説明する。第1乃至第9の実施の形態に関して説明した本発明の磁気抵抗効果素子あるいは磁気ヘッドは、例えば、記録再生一体型の磁気ヘッドアセンブリに組み込まれ、磁気再生装置に搭載することができる。

【0128】

図28は、このような磁気再生装置の概略構成を例示する要部斜視図である。すなわち、本発明の磁気再生装置150は、ロータリーアクチュエータを用いた形式の装置である。同図において、磁気記録媒体としての磁気ディスク200は、スピンドル152に装着され、図示しない駆動装置制御部からの制御信号にตอบสนองする図示しないモータにより矢印Aの方向に回転する。磁気ディスク200は、磁気ディスク200に格納する情報の記録再生を行うヘッドスライダ153は、薄膜状のサスペンション154の先端に取り付けられている。ここで、ヘッドスライダ153は、例えば、前述したいずれかの実施の形態にかかる磁気抵抗効果素子あるいは磁気ヘッドをその先端付近に搭載している。

【 0 1 2 9 】

磁気ディスク 2 0 0 が回転すると、ヘッドスライダ 1 5 3 の媒体対向面 (A B S) は磁気ディスク 2 0 0 の表面から所定の浮上量をもって保持される。

【 0 1 3 0 】

サスペンション 1 5 4 は、図示しない駆動コイルを保持するボビン部などを有するアクチュエータアーム 1 5 5 の一端に接続されている。アクチュエータアーム 1 5 5 の他端には、リニアモータの一種であるボイスコイルモータ 1 5 6 が設けられている。ボイスコイルモータ 1 5 6 は、アクチュエータアーム 1 5 5 のボビン部に巻き上げられた図示しない駆動コイルと、このコイルを挟み込むように対向して配置された永久磁石および対向ヨークからなる磁気回路とから構成される。

【 0 1 3 1 】

アクチュエータアーム 1 5 5 は、固定軸 1 5 7 の上下 2 箇所に設けられた図示しないボールベアリングによって保持され、ボイスコイルモータ 1 5 6 により回転撓動が自在にできるようになっている。

【 0 1 3 2 】

図 2 9 は、アクチュエータアーム 1 5 5 から先の磁気ヘッドアセンブリをディスク側から眺めた拡大斜視図である。すなわち、磁気ヘッドアッセンブリ 1 6 0 は、例えば駆動コイルを保持するボビン部などを有するアクチュエータアーム 1 5 1 を有し、アクチュエータアーム 1 5 5 の一端にはサスペンション 1 5 4 が接続されている。

【 0 1 3 3 】

サスペンション 1 5 4 の先端には、第 1 乃至第 9 の実施形態に関して前述したいずれかの磁気抵抗効果素子あるいは磁気ヘッドを具備するヘッドスライダ 1 5 3 が取り付けられている。記録用ヘッドを組み合わせても良い。サスペンション 1 5 4 は信号の書き込みおよび読み取り用のリード線 1 6 4 を有し、このリード線 1 6 4 とヘッドスライダ 1 5 3 に組み込まれた磁気ヘッドの各電極とが電氣的に接続されている。図中 1 6 5 は磁気ヘッドアッセンブリ 1 6 0 の電極パッドである。

【 0 1 3 4 】

ここで、ヘッドスライダ 1 5 3 の媒体対向面 (A B S) と磁気ディスク 2 0 0 の表面との間には、所定の浮上量が設定されている。

【 0 1 3 5 】

図 3 0 (a) は、浮上量が所定の正の値の場合のヘッドスライダ 1 5 3 と磁気ディスク 2 0 0 との関係を表す概念図である。同図に例示したように、通常、多くの磁気記録装置においては、磁気ヘッド 1 0 を搭載したスライダ 1 5 3 は、磁気ディスク 2 0 0 の表面から所定の距離だけ浮上した状態で動作する。本発明においては、このような「浮上走行型」の磁気記録装置においても、従来よりも高分解能で低ノイズの再生を行うことができる。すなわち、第 1 乃至第 9 に関して前述したいずれかの磁気抵抗効果素子あるいは磁気ヘッドを採用することにより、再生すべきトラック上の磁化信号のみを確実に再生することができる。また、隣接する記録トラックからのクロストークを大幅に低減することができるので、トラックピッチを縮小して、記録密度を大幅に向上させることもできる。

【 0 1 3 6 】

一方、記録密度がさらに上がると、浮上高を低下させて、より磁気ディスク 2 0 0 に近いところを滑空させて情報を読み取る必要が生ずる。例えば、1 インチ平方あたり 4 0 G (ギガ) ビット程度の記録密度を得るためには、もはや、浮上に行っていることによるスペーシングロスが大きくなり過ぎ、極低浮上によるヘッド 1 0 と磁気ディスク 2 0 0 とのクラッシュの問題も無視できなくなる。

【 0 1 3 7 】

そのため、磁気ヘッド 1 0 と磁気ディスク 2 0 0 とを逆に積極的に接触させて、走行させる方式も考えられる。

【 0 1 3 8 】

図 3 0 (b) は、このような「接触走行型」のヘッドスライダ 1 5 3 と磁気ディスク 2 0 0 との関係を表す概念図である。本発明の磁気ヘッドにおいても、媒体との接触面に DLC (Diamond-Like-Carbon) 潤滑膜などを設けることにより「接触走行型」のスライダに搭載することが可能である。従って、図 3 0 (b) に例示したような「接触走行型」の磁気再生装置においても、隣接トラックから

のクロストークを大幅に低減し、従来よりも大幅にトラックピッチを縮小してさらに高密度化された媒体の記録再生を安定して行うことができるようになる。

【0139】

以上、具体例を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。

【0140】

例えば、磁気ヘッドを構成する各要素の材料や形状などに関しても、具体例として前述したものには限定されず、当業者が選択しうる範囲のすべてを同様に用いて同様の効果を奏し得る。

【0141】

また、磁気再生装置に関しても、再生のみを実施するものでも、記録・再生を実施するものであっても良く、また、媒体は、ハードディスクには限定されず、その他、フレキシブルディスクや磁気カードなどのあらゆる磁気記録媒体を用いることが可能である。さらに、磁気記録媒体を装置から取り外し可能した、いわゆる「リムーバブル」の形式の装置であっても良い。

【0142】

【発明の効果】

以上詳述したように、本発明によれば、C P P型のMR素子において能動領域を的確に規定し、さらに電極からの電流磁場の影響を、効果的に抑制し消失させるような構成を有する磁気抵抗効果素子、磁気ヘッド及び磁気再生装置を提供することができ、産業上のメリットは多大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施形態による磁気抵抗効果素子を示す断面図と平面図である。

【図2】

第1実施形態の第1の変型例の磁気抵抗効果素子を表す概念図である。

【図3】

第1実施形態の第2の変型例の磁気抵抗効果素子を表す概念図である。

【図4】

磁気抵抗効果膜 1 3 における電流パスを表す概念図である。

【図 5】

第 1 実施形態の第 3 の変型例の磁気抵抗効果素子の断面構成を表す概念図である。

【図 6】

図 1 に例示した磁気抵抗効果素子搭載したシールド型ヘッドの要部を表す概念図である。

【図 7】

磁気抵抗効果膜 1 3 の磁化自由層（フリー層）における磁化分布を表す概念図である。

【図 8】

、図 1 に例示した磁気抵抗効果素子を水平型ヨークヘッドに搭載した構成を表す斜視図である。

【図 9】

第 3 実施形態のヘッドにおける磁化方向を表す概念図である。

【図 1 0】

第 3 実施形態の変形例の磁気ヘッドの要部構成を表す斜視概念図である。

【図 1 1】

本発明の第 3 の実施形態による磁気抗効果素子のヨークに、補助ヨークを設けたときの断面図である。

【図 1 2】

（a）は、本発明の第 1 の実施形態による磁気抗効果素子において、センス電流を流したときに生じる電流磁場と、硬磁性膜あるいは反強磁性膜によるバイアス磁場の方向を示した斜視図であり、（b）は、センス電流 5 m A を流したときに磁気抵抗効果膜に生じる環状の電流磁場の大きさを、柱状電極の中心からの距離に対して書いたものである。柱状電極は無限に長いものとし、柱状電極伝断面は円形とし、その円の半径を 1 0 0 n m から 3 0 0 n m まで変化させたときの図である。

【図 1 3】

(a) は、本発明の第 1 の実施形態による磁気抗効果素子において、センス電流を流したときに生じる電流磁場と、硬磁性膜あるいは反強磁性膜によるバイアス磁場の方向を示した斜視図であり、(b) は、センス電流 5 mA を流したときに磁気抵抗効果膜に生じる環状の電流磁場の大きさを、柱状電極の中心からの距離に対して書いたものである。柱状電極は無限に細いものとし、その長さを 10 nm から 200 nm まで変化させたときの図である。

【図 1 4】

本発明の第 4 の実施形態による磁気抗効果素子の断面図である。

【図 1 5】

本発明の第 4 の実施形態による磁気抗効果素子で、柱状電極の断面積を、上部電極との接触面から磁気抵抗効果膜との接触面まで線形に変化させた変形例 4-1 を示す図である。

【図 1 6】

本発明の第 4 の実施形態による磁気抗効果素子で、柱状電極の断面積により、概ね 2 つの部分に分けることのできる変形例 4-2 を示す図である。

【図 1 7】

本発明の第 5 の実施形態による磁気抗効果素子を示す図である。

【図 1 8】

本発明の第 6 の実施形態による磁気抗効果素子を示す図である。

【図 1 9】

水平型ヨークヘッドに CPP 型 GMR 膜を搭載したときの磁気抵抗効果素子の平面図に、ヨークおよび磁化自由層の磁化分布を矢印で記載し、その磁化分布のときの信号磁束が進入方向を示した図である。(a) は柱状電極を流れるセンス電流による電流磁場の影響が無視できる場合の磁化分布と信号磁束の流れである。(b) は柱状電極のセンス電流を無視できない場合の磁化分布と信号磁束の流れである。(c) は本発明の第 7 の実施形態であり、柱状電極のセンス電流を無視できない場合の信号磁束の流れと、それに適した柱状電極の位置と形状を示す。

【図 2 0】

本発明の第 8 の実施形態による磁気抵抗効果素子の斜視図である。

【図 2 1】

本発明の第 8 の実施形態による磁気抵抗効果素子の平面図に、ヨークと磁化自由層の磁化分布、その分布によって決まる信号磁束の流れ、その流れに適した柱状電極の位置と形状を示したものである。

【図 2 2】

図 2 1 に示した柱状電極の形状を詳細に記した図である。

【図 2 3】

本発明の第 7 の実施形態と第 8 の実施形態を組み合わせた場合の磁気抵抗効果素子の柱状電極の断面形状である。

【図 2 4】

本発明の第 9 の実施形態による磁気抵抗効果素子の斜視図である。

【図 2 5】

本発明の第 9 の実施形態における上部電極に平面図に、電流パスとそれによって磁気抵抗効果膜に生じる電流磁場を矢印で示した図である。

【図 2 6】

本発明の第 9 の実施形態における上部電極と下部電極を、柱状電極の位置で狭めたような変形例 9 - 1 の磁気抵抗効果膜の斜視図である。

【図 2 7】

本発明の変形例における上部電極での電流パスと、それによって磁気抵抗効果膜に生じる電流磁場を矢印で示した図である。

【図 2 8】

本発明の磁気再生装置の概略構成を例示する要部斜視図である。

【図 2 9】

アクチュエータアーム 1 5 5 から先の磁気ヘッドアセンブリをディスク側から眺めた拡大斜視図である。

【図 3 0】

(a) は、浮上量が所定の正の値の場合のヘッドスライダ 1 5 3 と磁気ディスク 2 0 0 との関係を表す概念図であり、(b) は、このような「接触走行型」の

ヘッドスライダ 1 5 3 と磁気ディスク 2 0 0 との関係を表す概念図である。

【図 3 1】

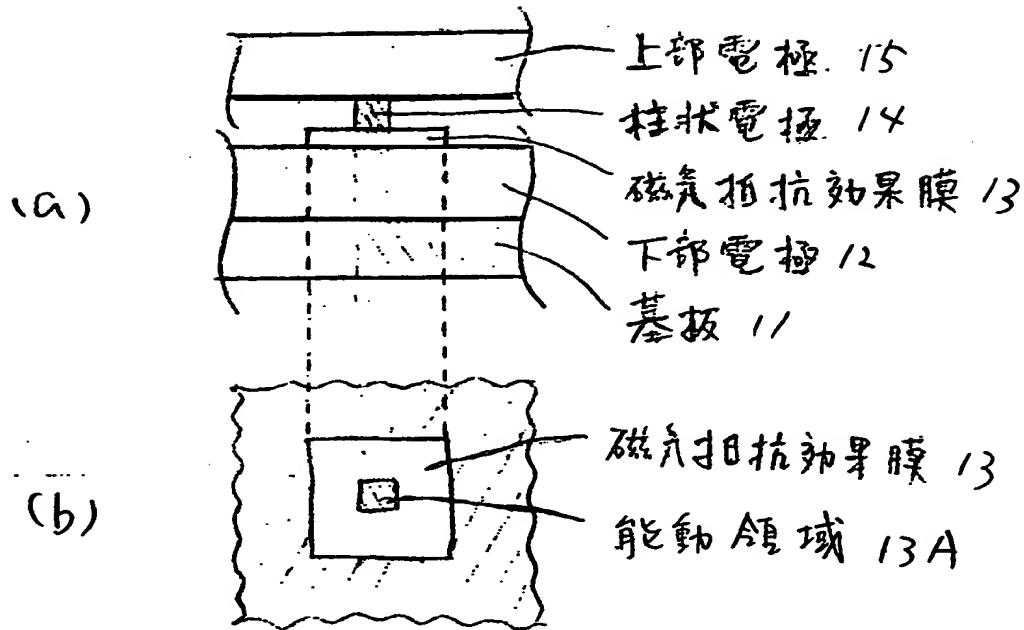
プラナー型ヘッドの要部構成を表す斜視概念図である。

【符号の説明】

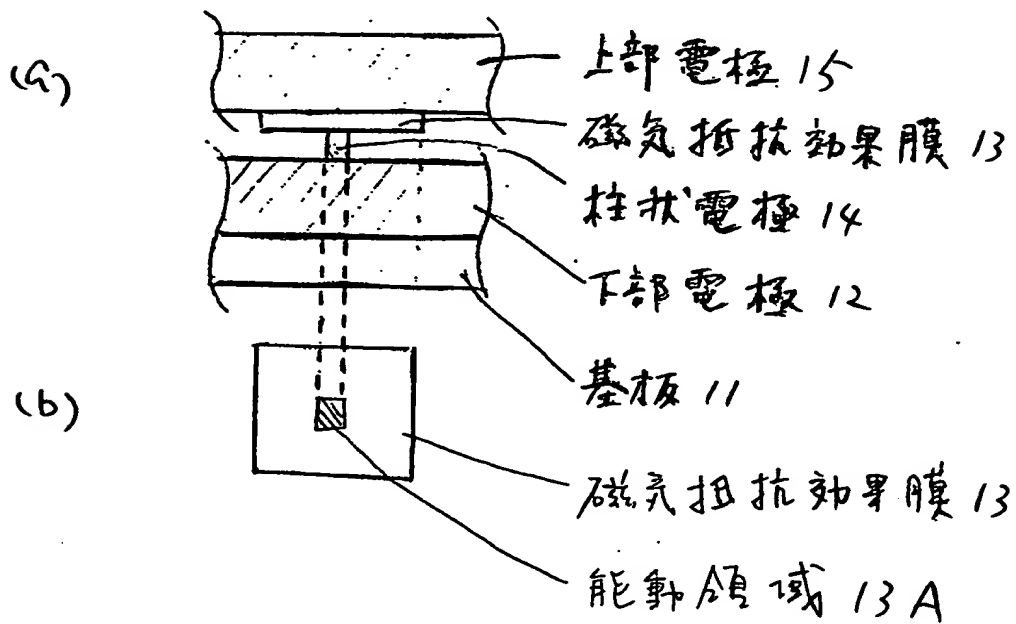
- 1 1 基板
- 1 2 下部電極
- 1 3 磁気抵抗効果膜
- 1 3 A 能動領域
- 1 4 柱状電極層
- 1 5 上部電極
- 2 0 磁気ヨーク
- 2 2 補助ヨーク
- 2 4 磁気シールド
- 3 0 バイアス膜
- 1 5 0 磁気記録装置
- 1 5 1 磁気ディスク
- 1 5 3 ヘッドスライダ
- 1 5 4 サスペンション
- 1 5 5 アクチュエータアーム
- 1 5 6 ボイスコイルモータ
- 1 5 7 固定軸

【書類名】 図面

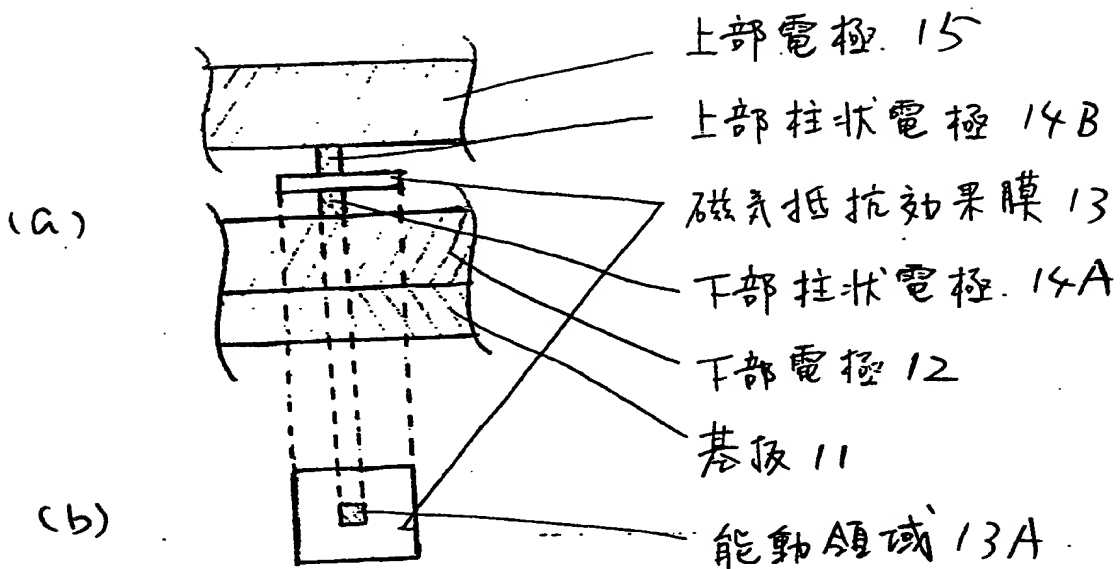
【図1】



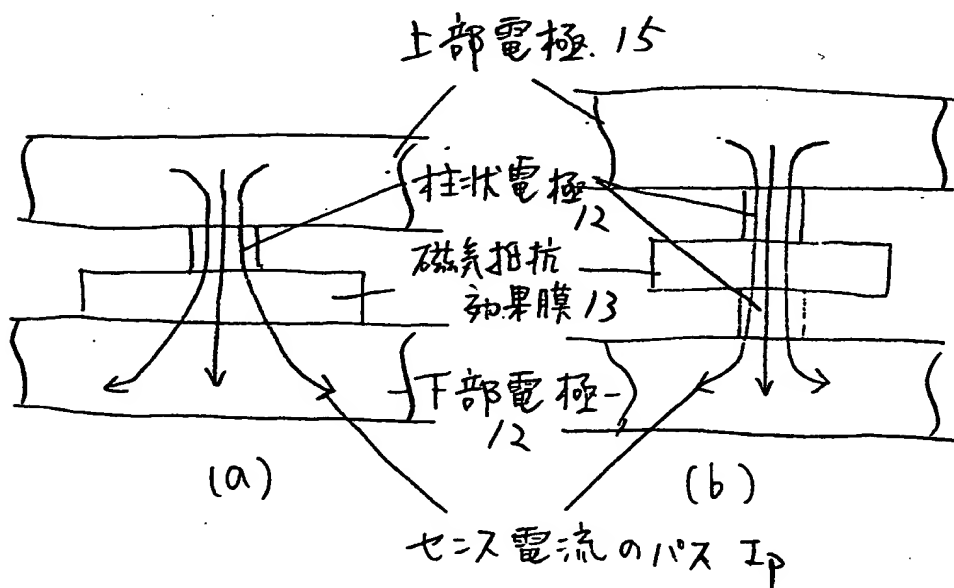
【図2】



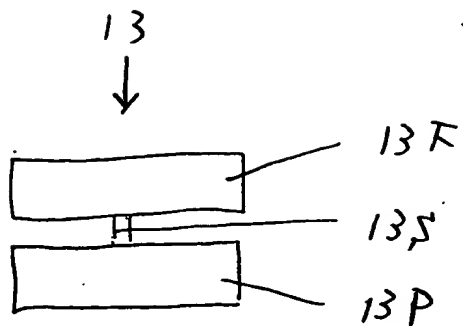
【図3】



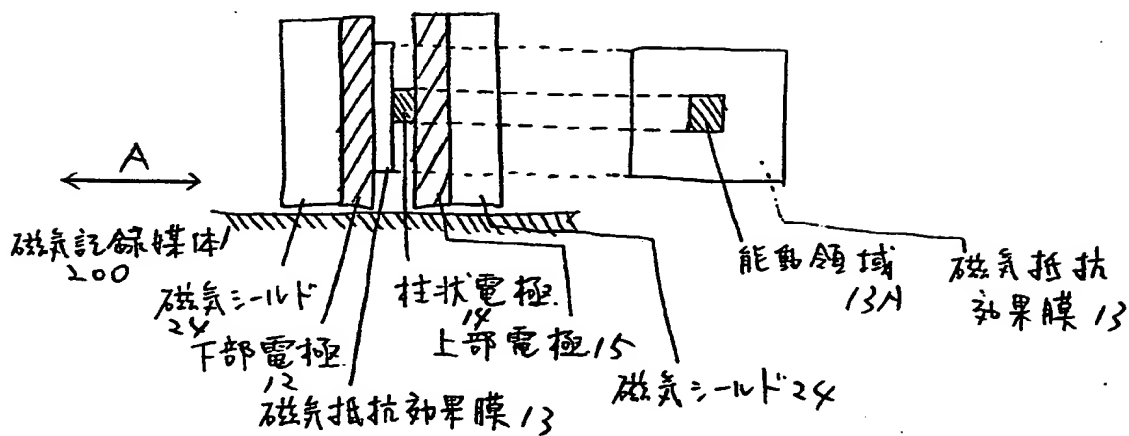
【図4】



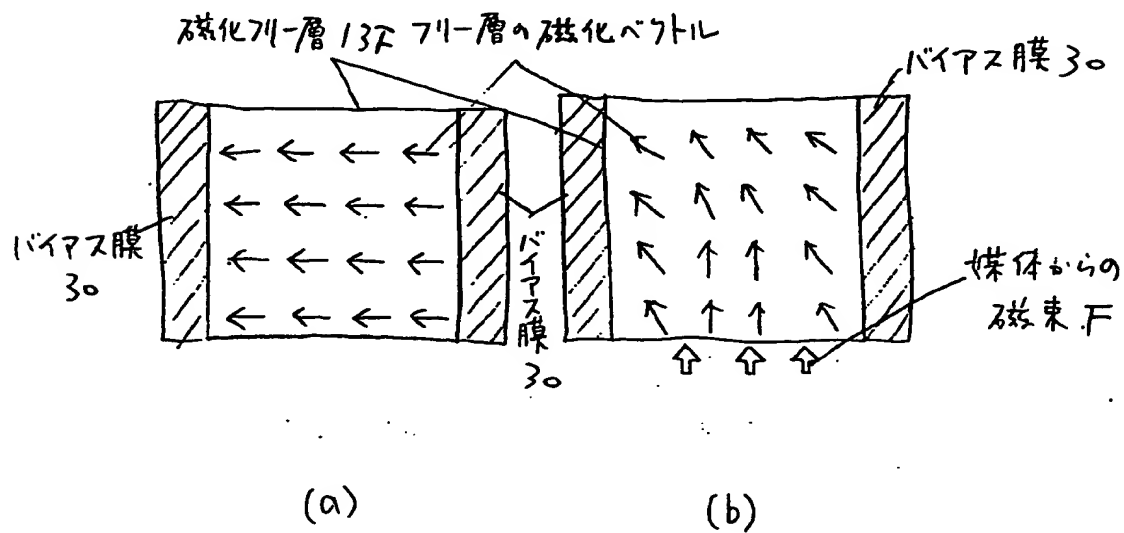
【図 5】



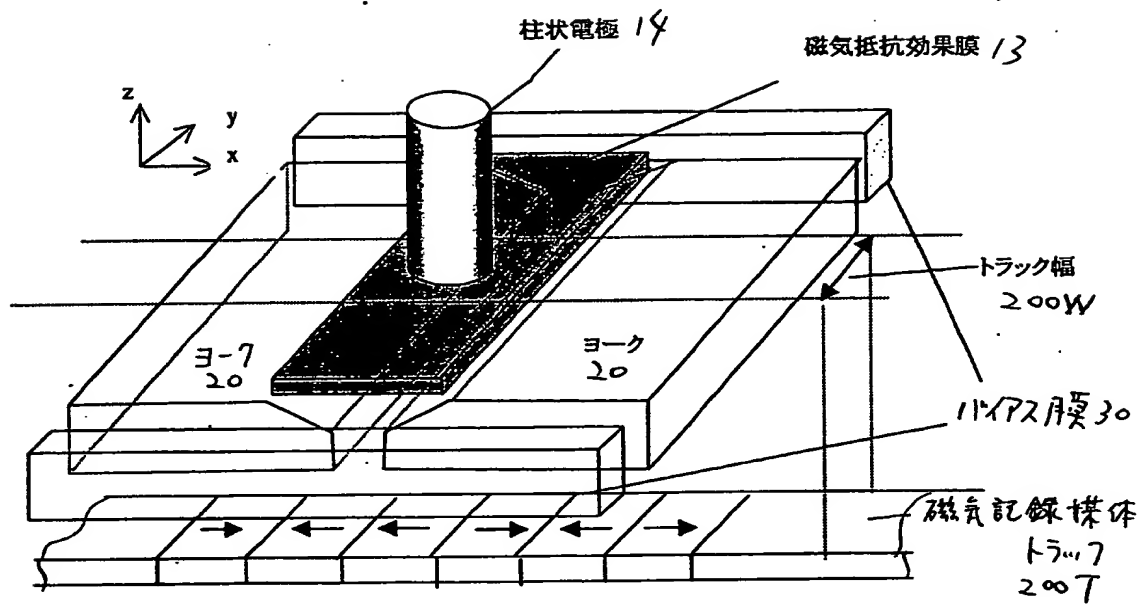
【圖 6】



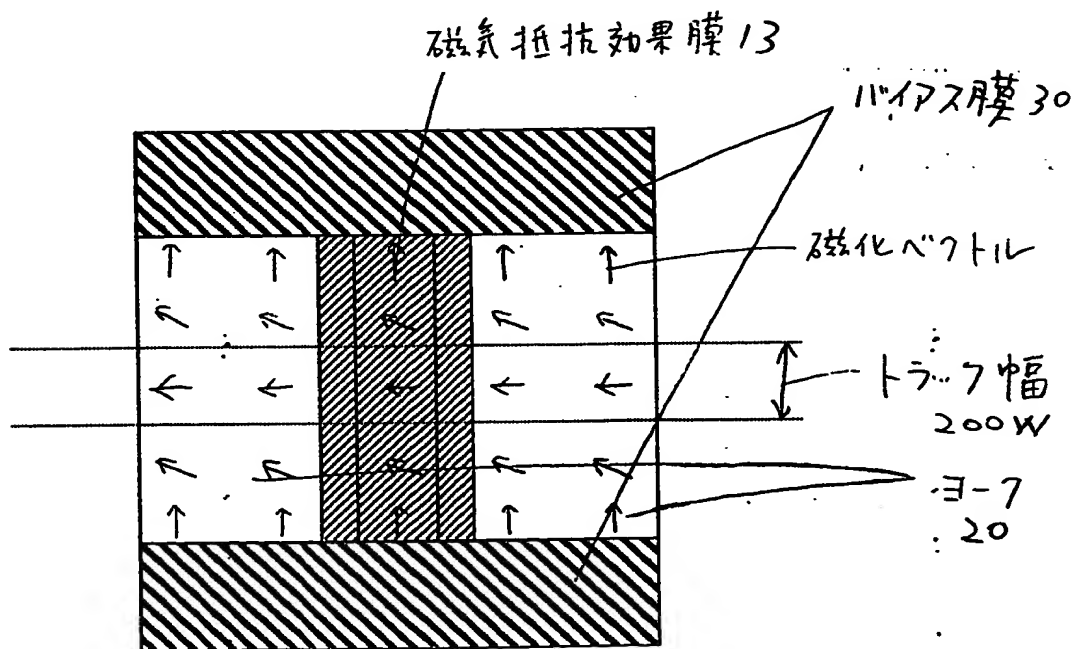
【图 7】



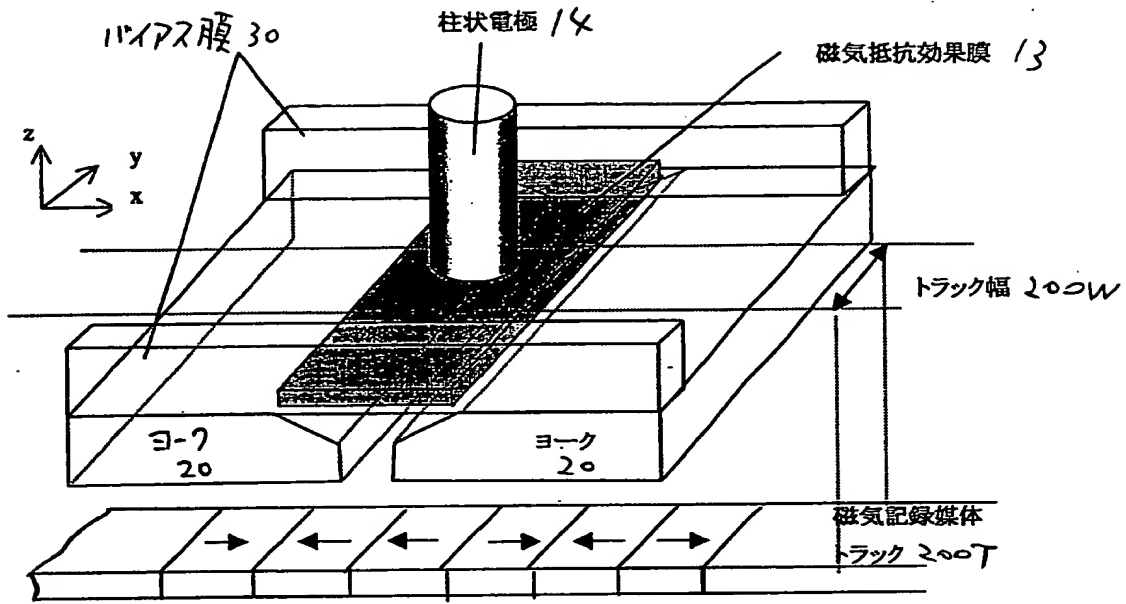
【図 8】



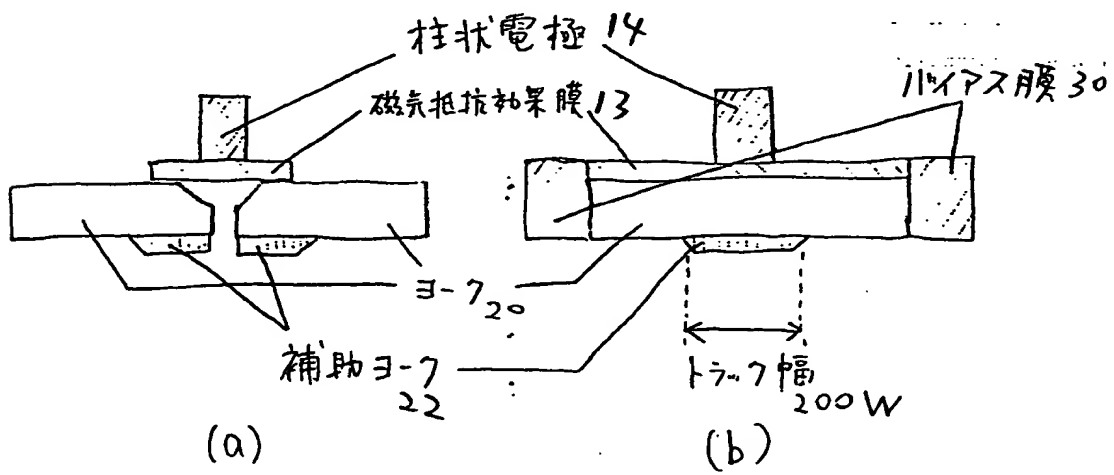
【図 9】



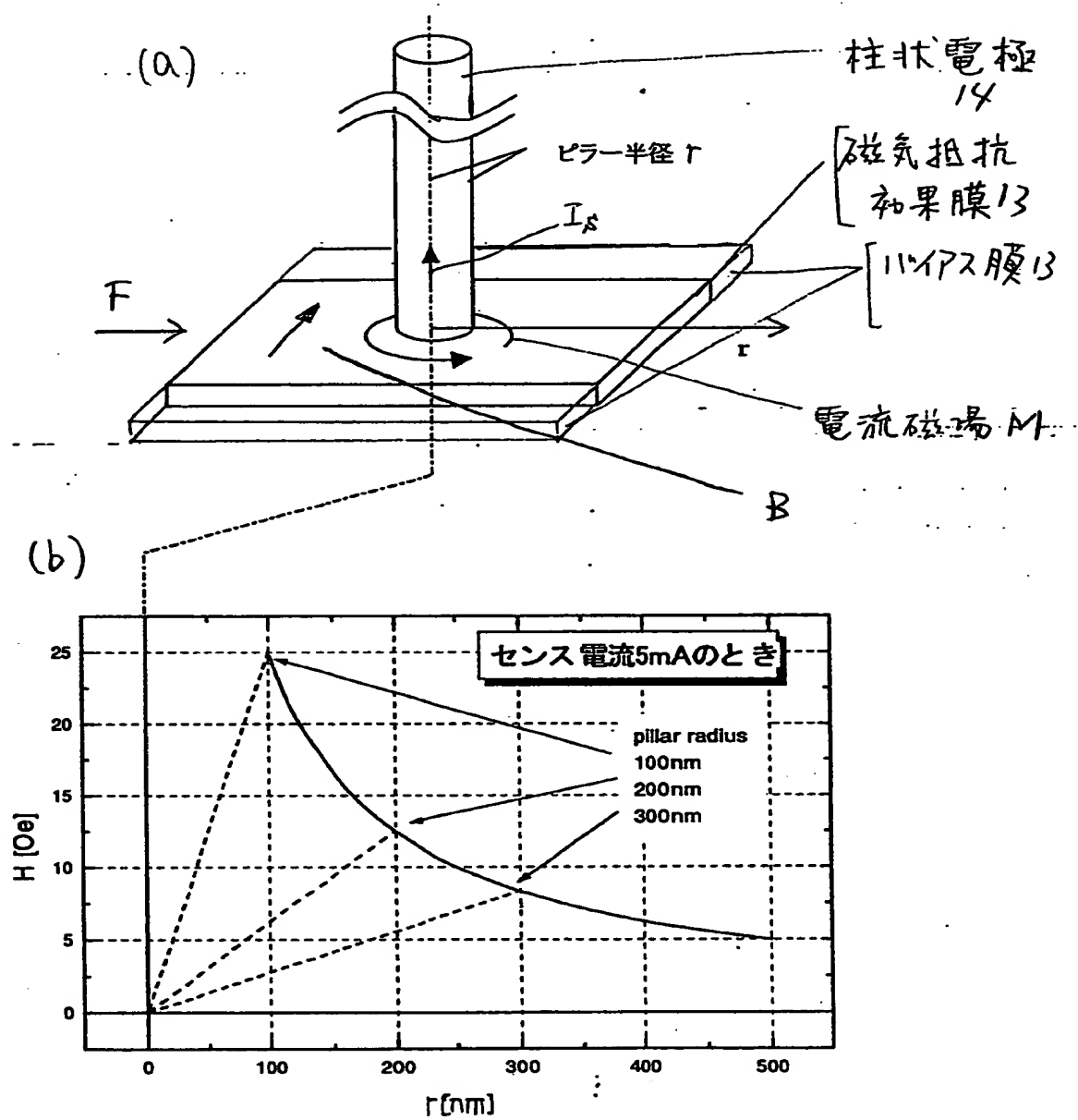
【図10】



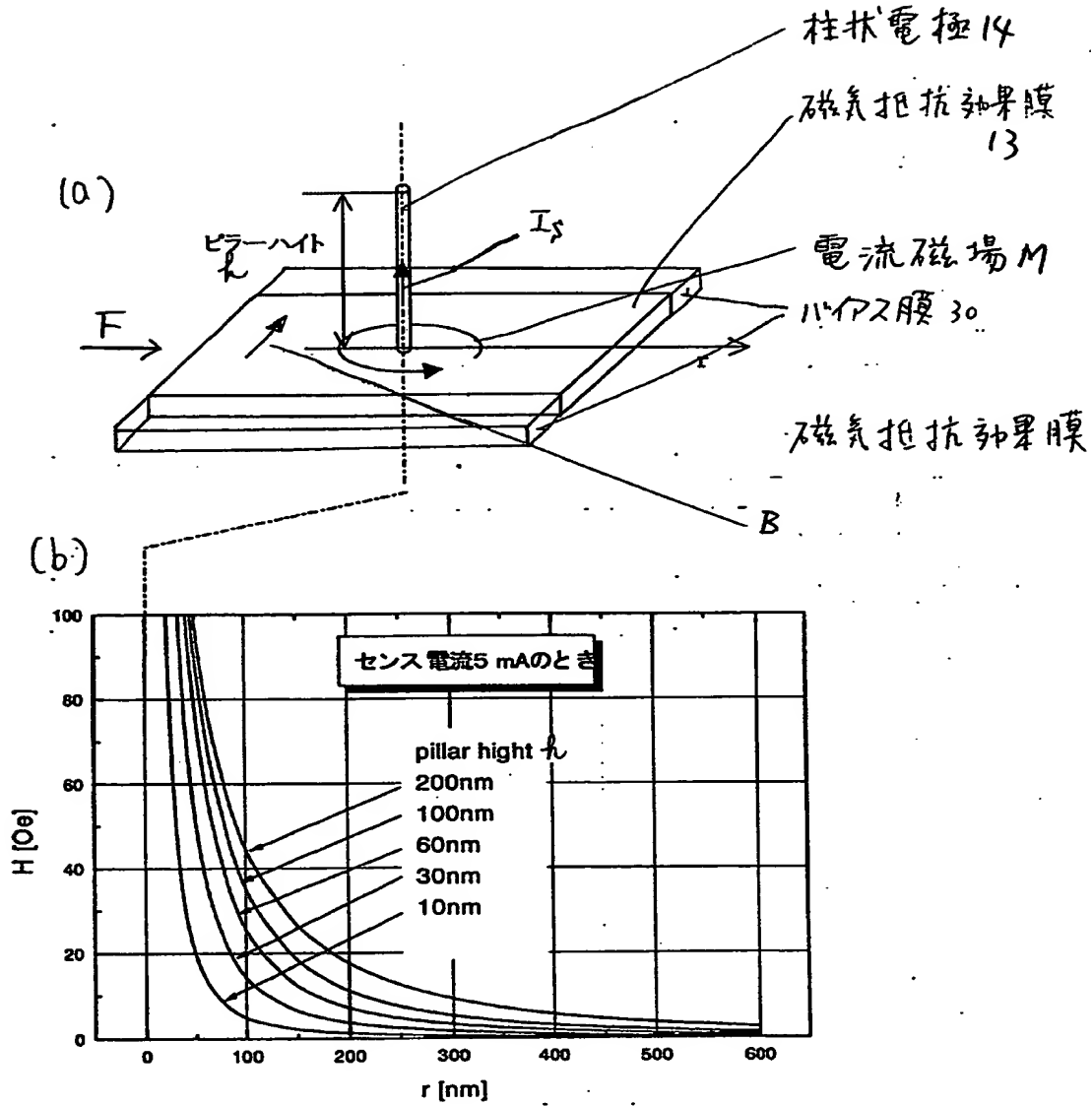
【図11】



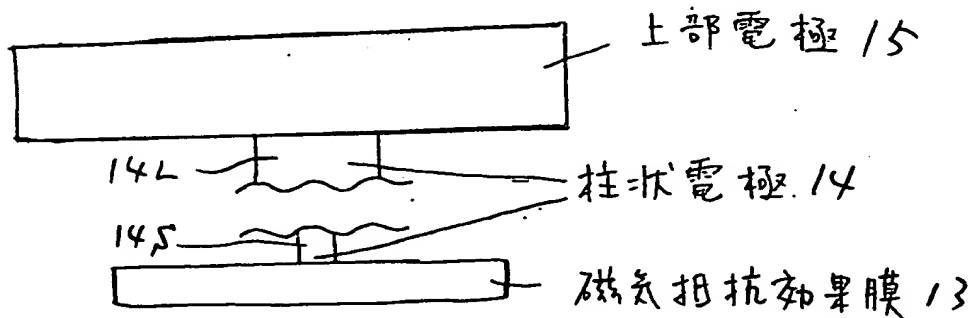
【図12】



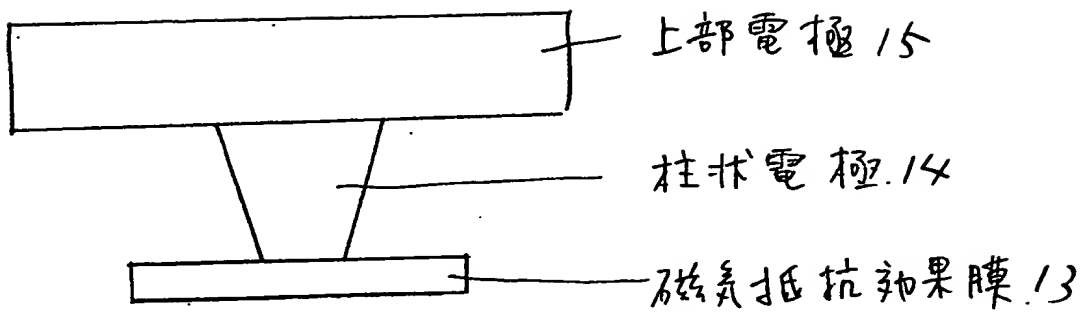
【図 1 3】



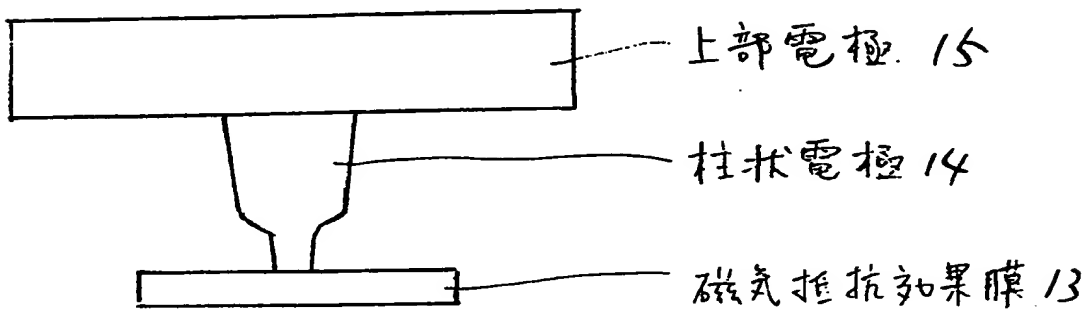
【図 1 4】



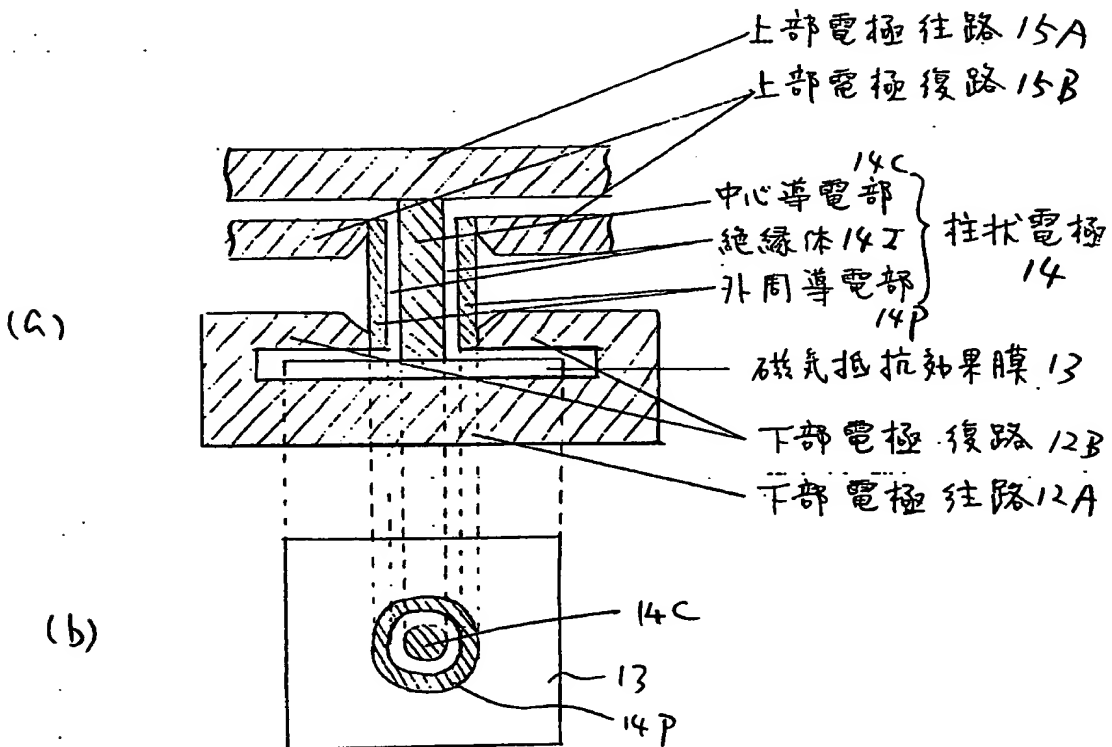
【図15】



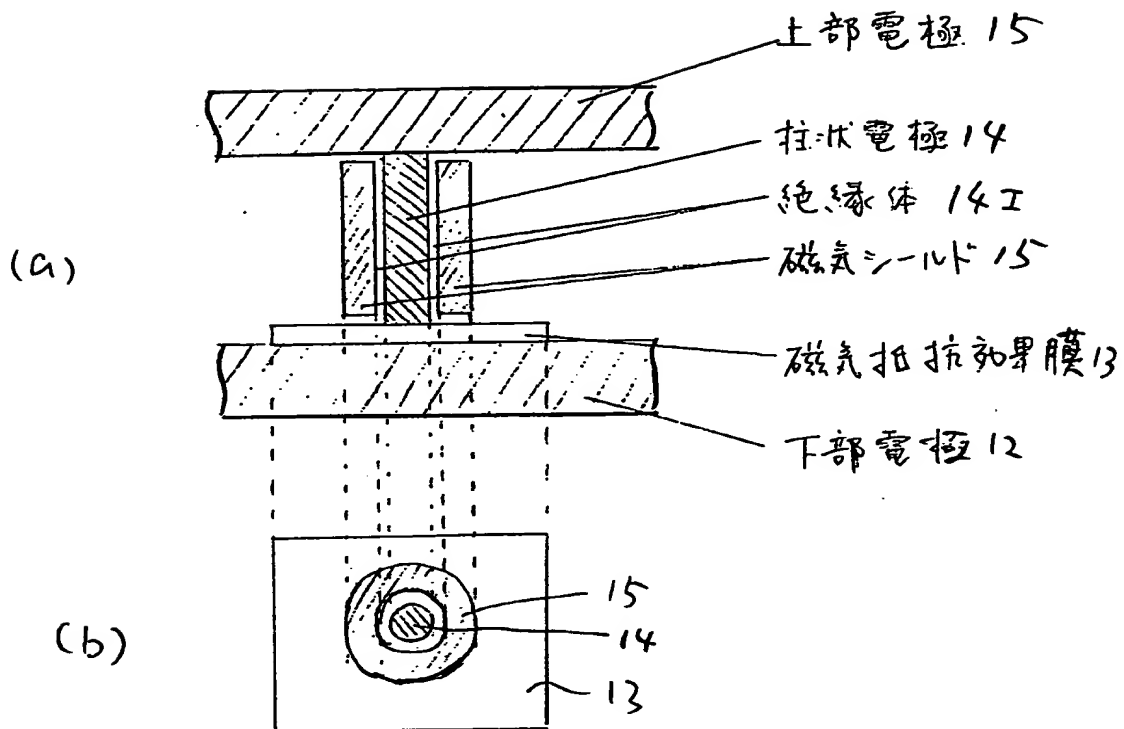
【図16】



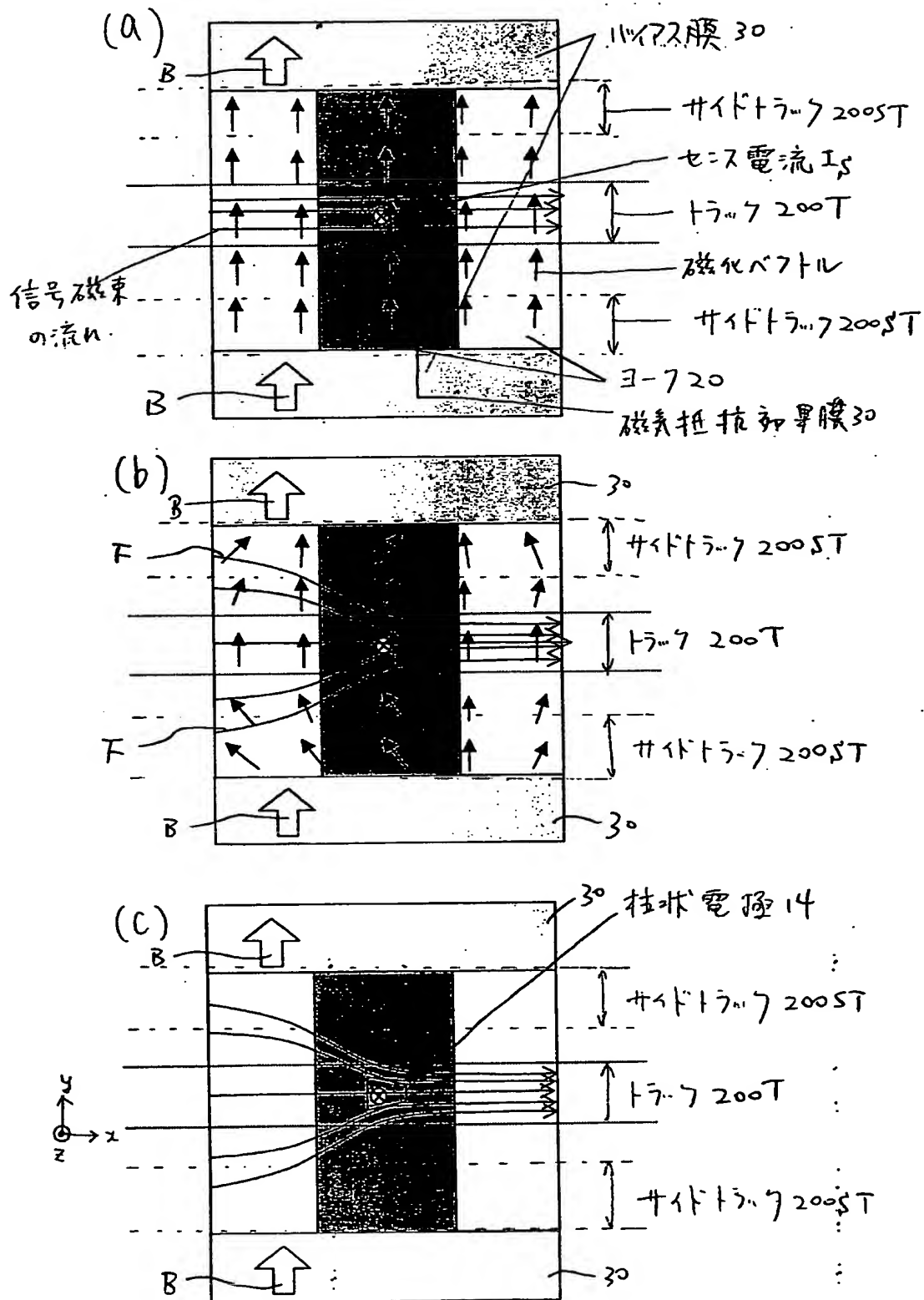
【図17】



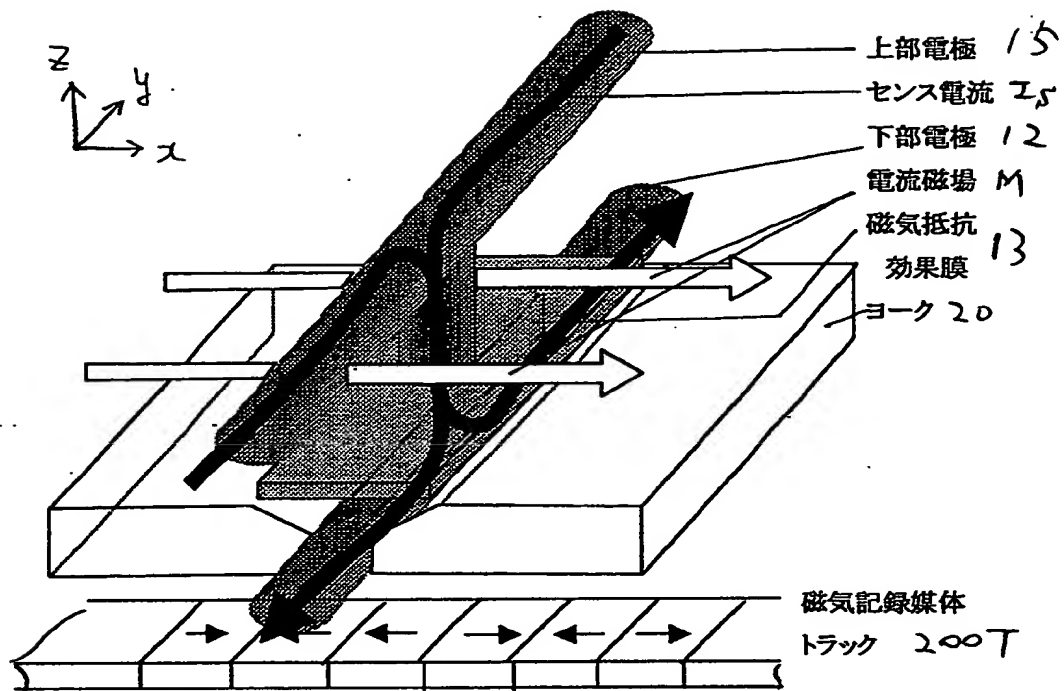
【図18】



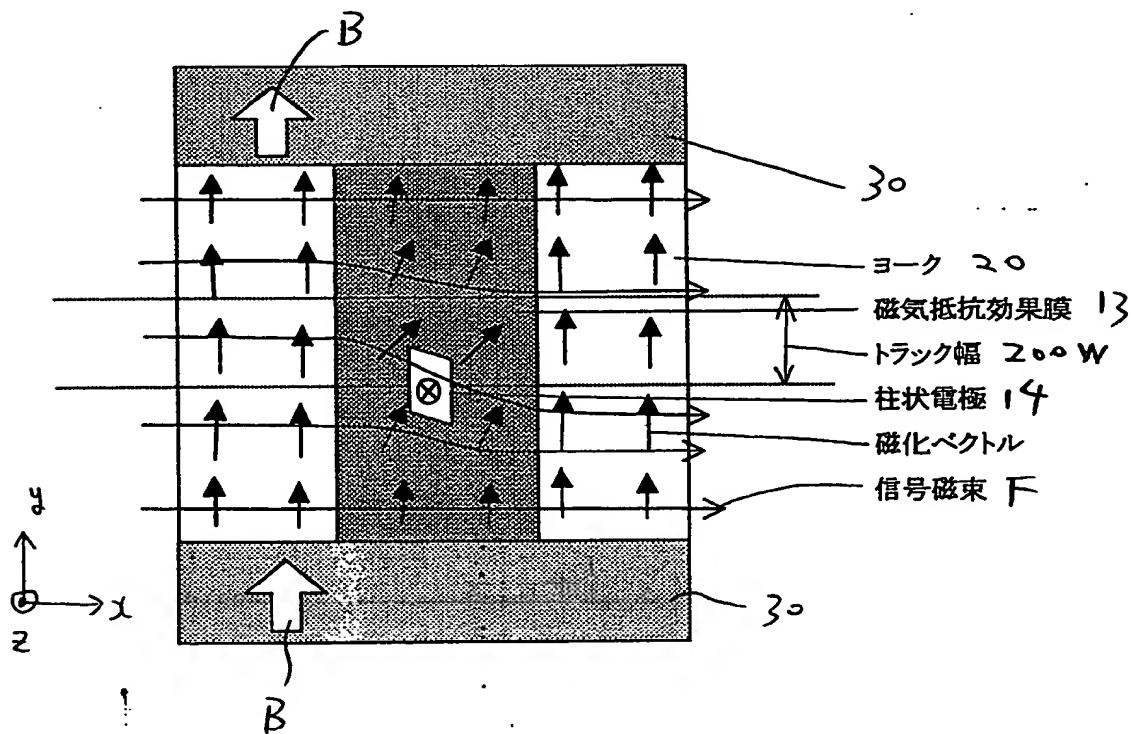
【図19】



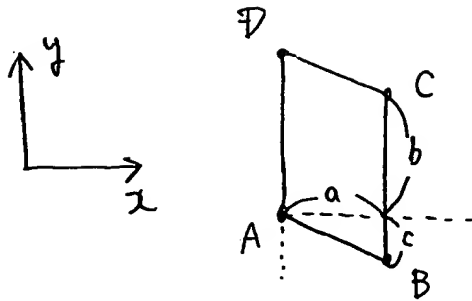
【図20】



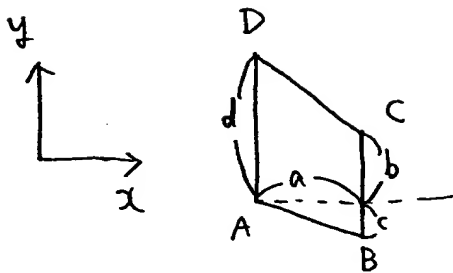
【図21】



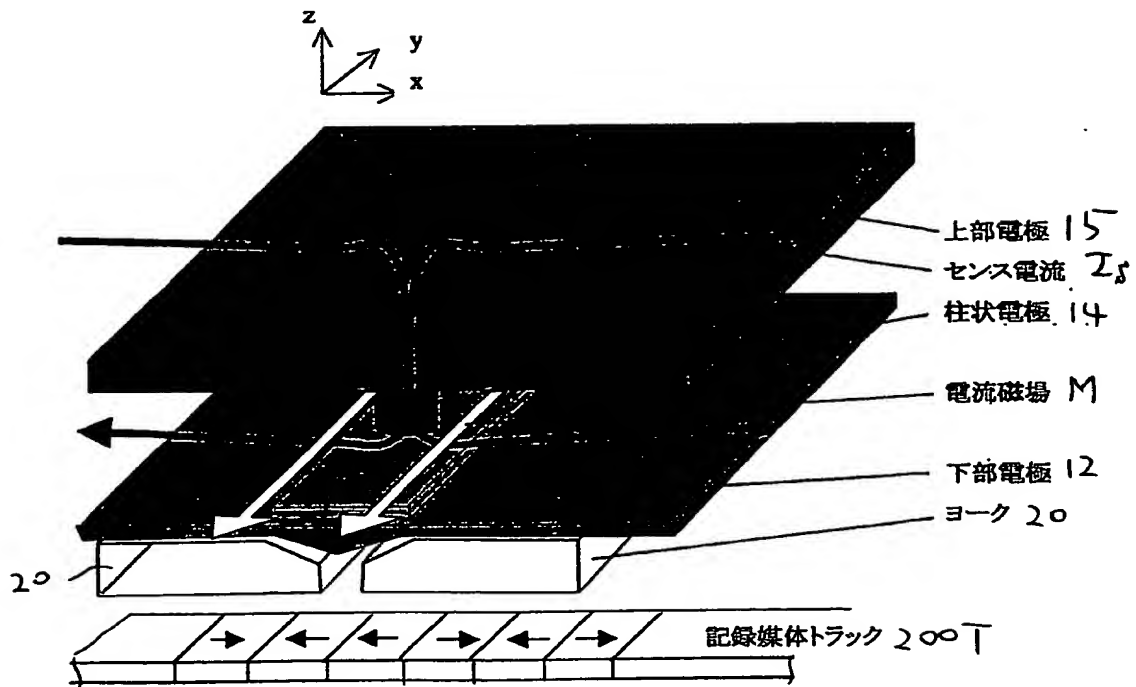
【図 22】



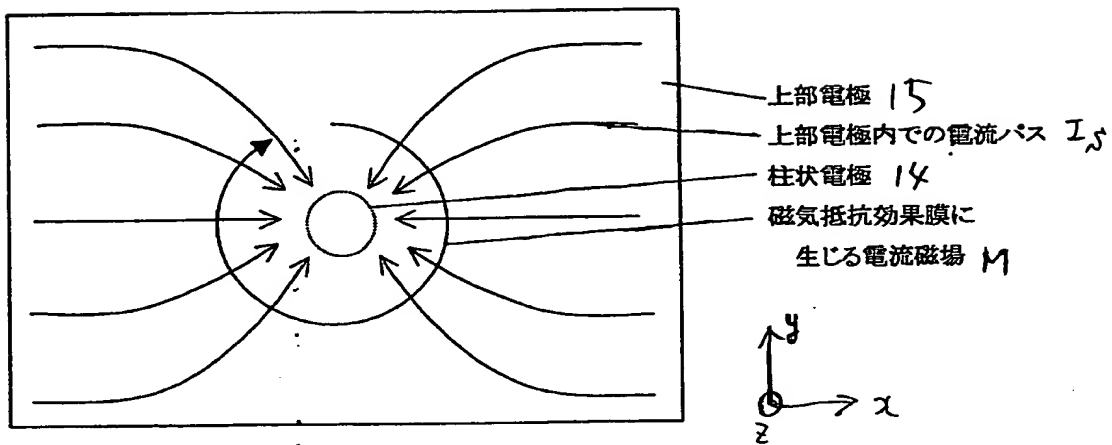
【図 23】



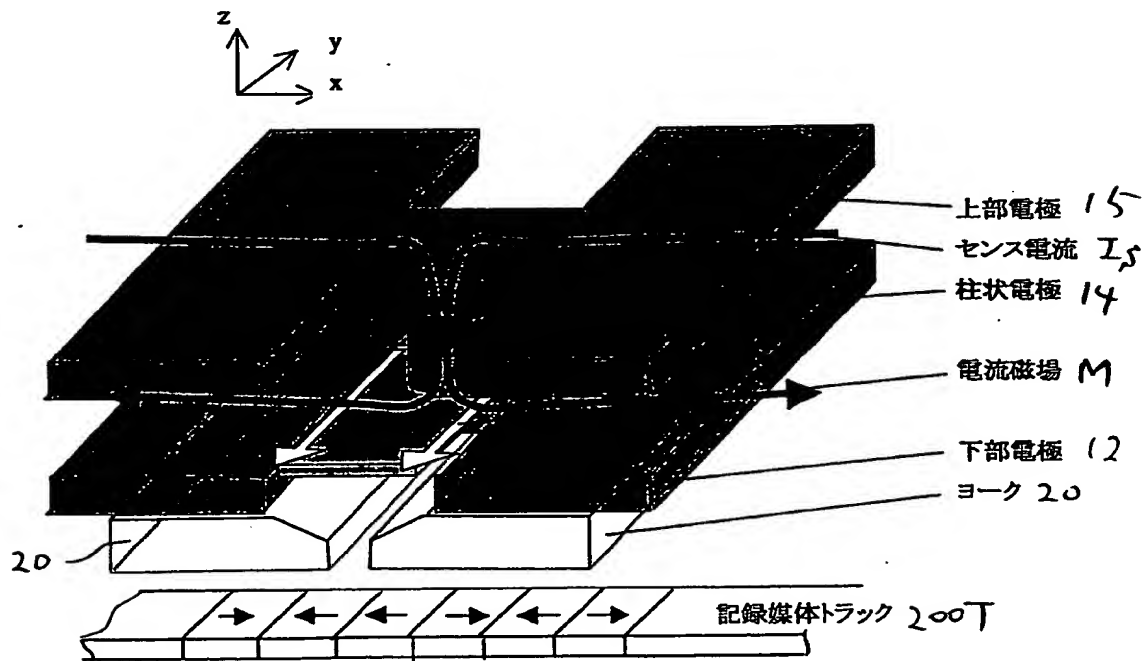
【図 24】



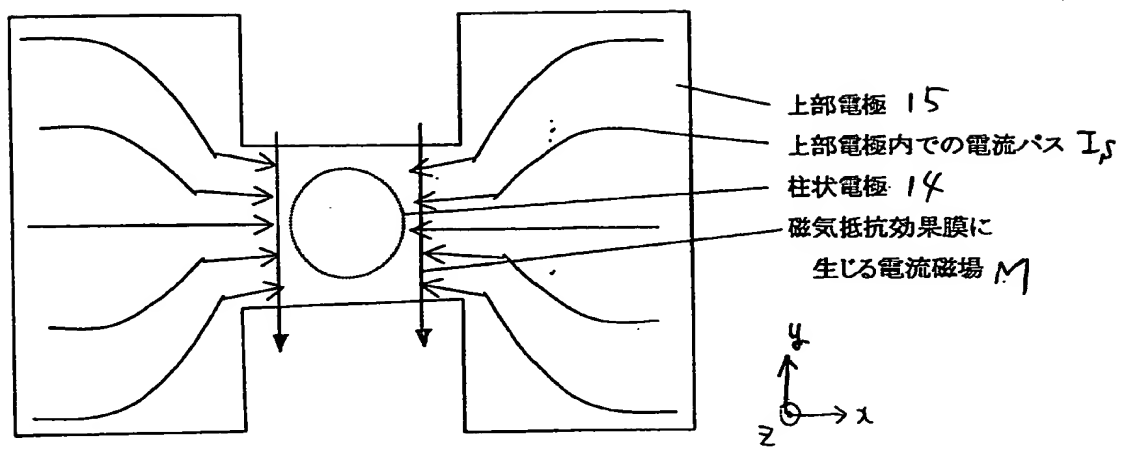
【図 25】



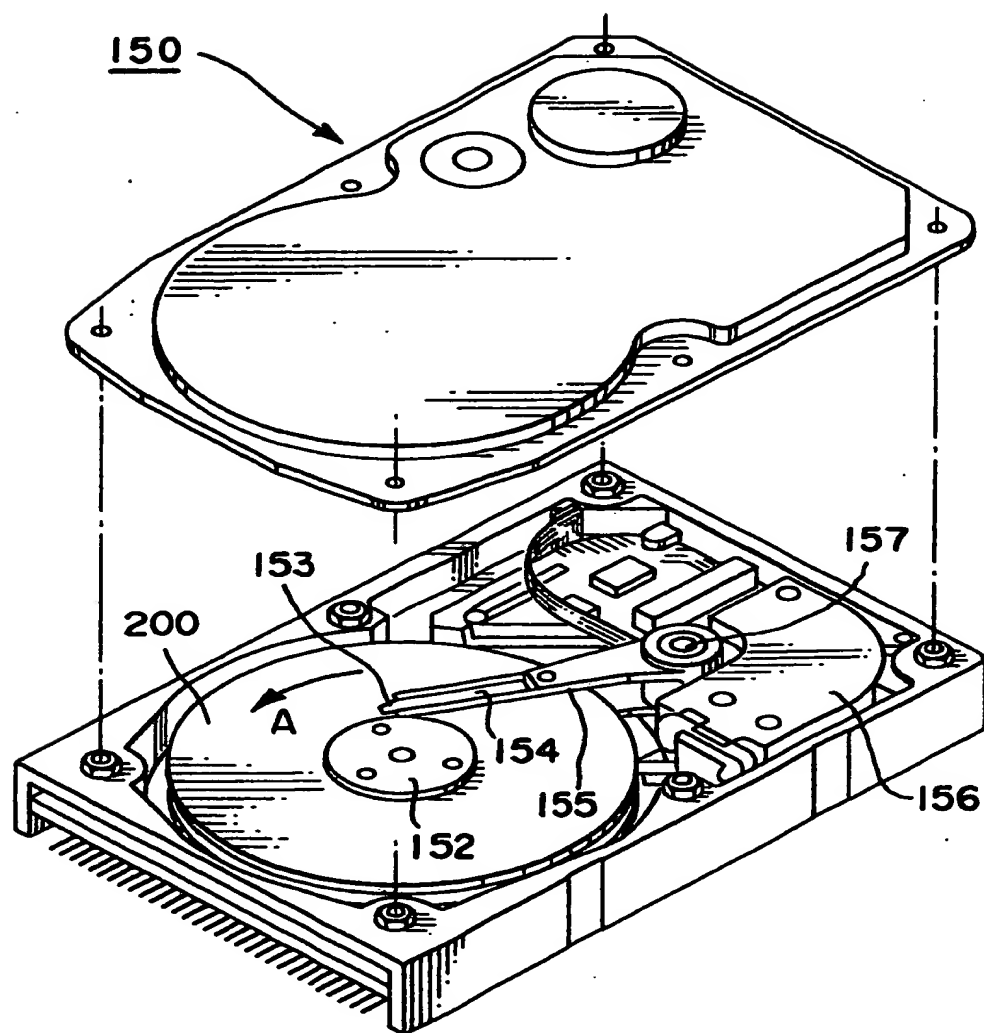
【図 26】



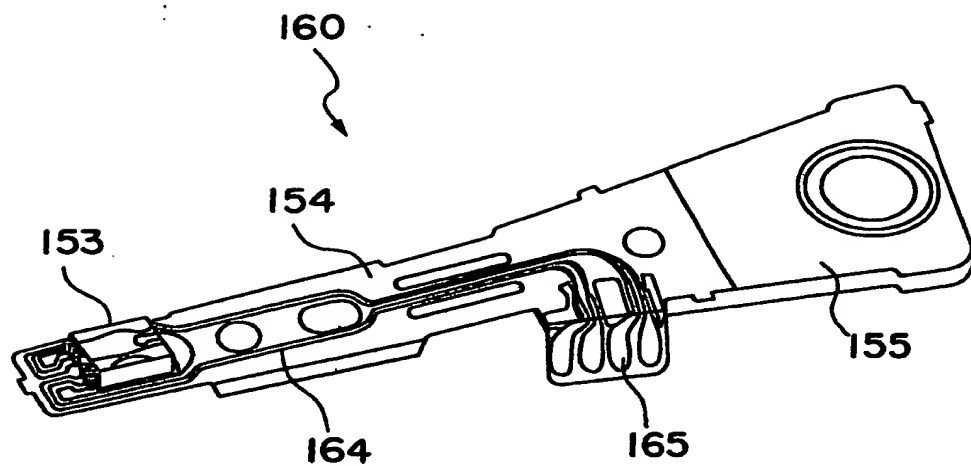
【図 27】



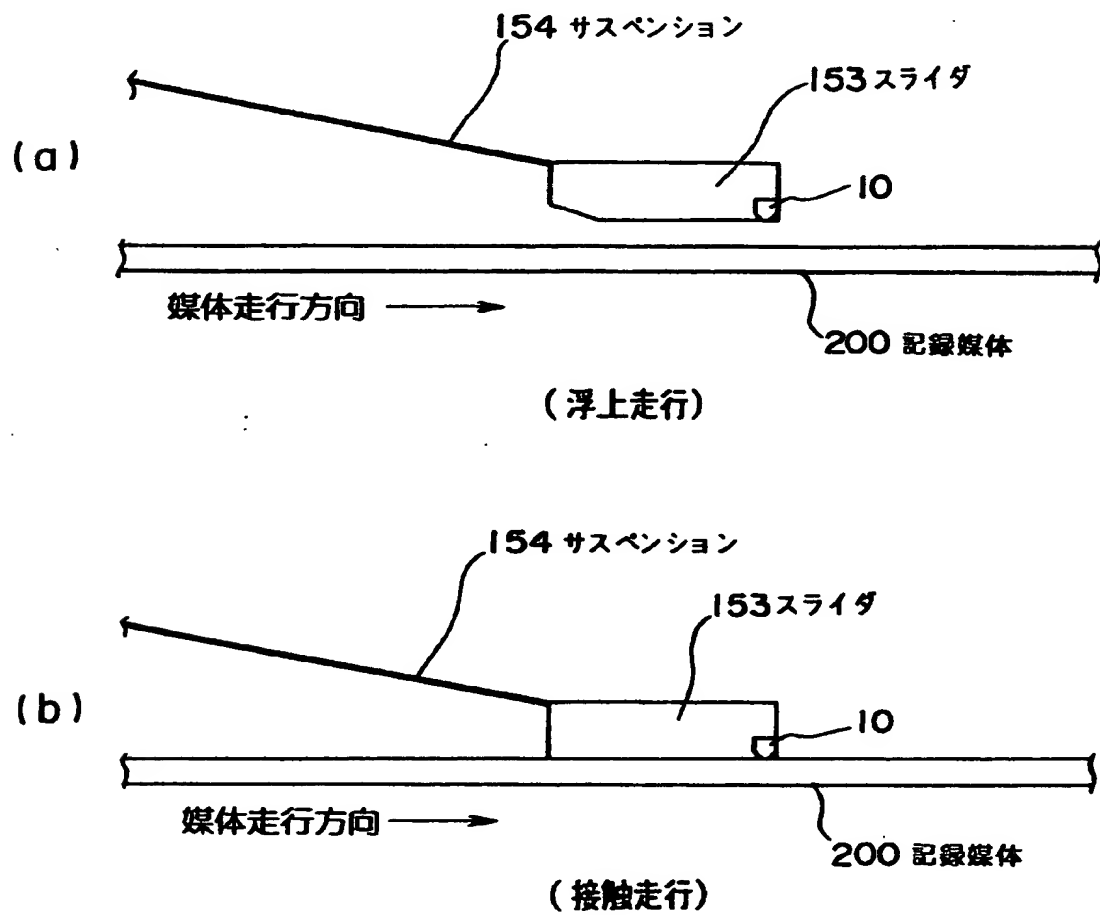
【図28】



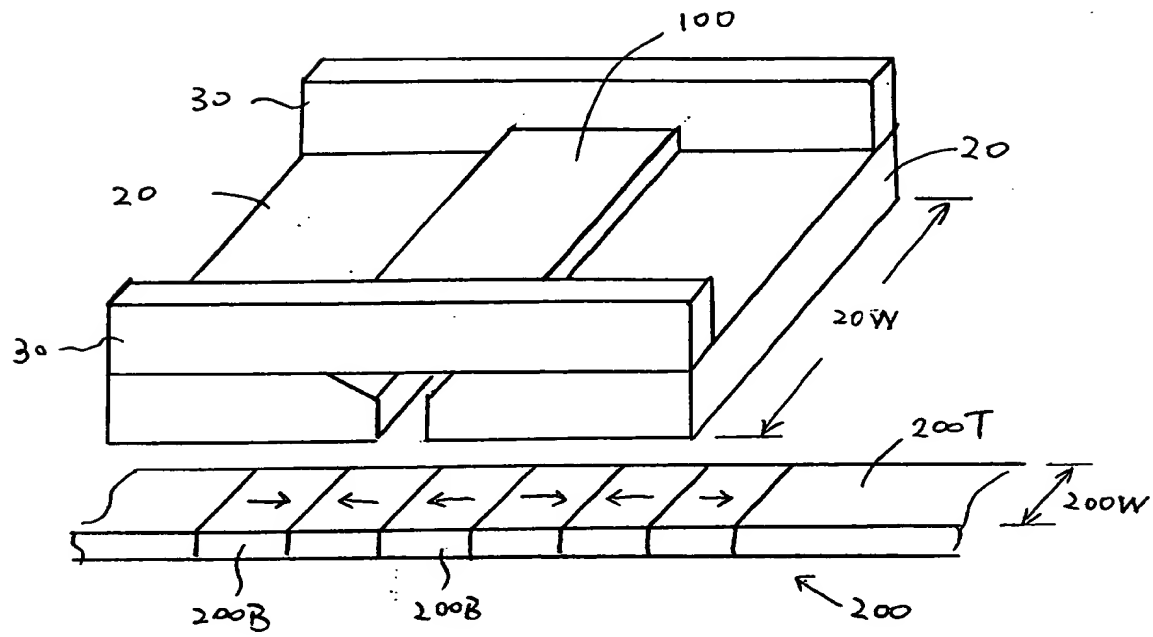
【図29】



【図30】



【図31】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 C P P 型の M R 素子において能動領域を的確に規定し、さらに電極からの電流磁場の影響を、効果的に抑制し消失させるような構成を有する磁気抵抗効果素子、磁気ヘッド及び磁気再生装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 センス電流が流れる部分の面積で、M R 素子の能動領域を規定する。さらに、素子能動領域を規定する柱状電極あるいは柱状非磁性体を、真下のトラックからの信号だけを効率的に読み取るように、磁束の流れに沿うような断面形状とする。柱状電極からの電流磁場が無視できない場合、記録媒体からの磁束はある程度非対称にヨーク、M R 素子磁化自由層に入る。これを見込んで柱状電極の断面を磁束の流れに沿うように非対称にすると、再生効率が向上する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日	1990年 8月22日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
氏 名	株式会社東芝